

Grado en Ingeniería Informática

Escuela Politécnica Superior

2016-2017

*Trabajo Fin de Grado*

# “DESARROLLO DE ACTIVIDADES BASADAS EN ROBÓTICA SOCIAL PARA PACIENTES CON TEA”

---

Irene Díaz- Portales Chaves

Tutor

José Carlos Pulido Pascual

**9 de octubre de 2017**

# Agradecimientos

En este momento de mi vida y una vez finalizado este proyecto, me gustaría hacer unas gratificaciones a todas las personas que me han ayudado y apoyado con su desarrollo y, sobretodo, con todo el camino que me ha hecho llegar hasta aquí.

A David, por haber sido mi rayo de luz, y por seguir siéndolo. Por enseñarme el valor de las personas, sobretodo el mío propio. Por darme ganas de crecer y ayudarme a ser mejor. Por devolverme la vida.

A mis amigas, por ser sobretodo eso, amigas. Por apoyarme en los peores momentos, animarme cuándo más lo necesitaba, aconsejarme cuándo no estaba en lo cierto y darme fuerza. Por crecer conmigo.

A los chicos del PLG, entre ellos y en especial a José Carlos Pulido. Por haber tenido paciencia conmigo y haber ayudado incluso cuándo ni siquiera estaba en sus manos. Por creer en mí y por tener siempre unas palabras de ánimo.

A todos los compañeros de la universidad porque hemos crecido juntos, incluso en las noches eternas finalizando prácticas. En especial a Alba, por dármelo todo con tan poco, sólo siendo ella.

A las chicas de O&E por haber sido mi familia en el trabajo. Y a Antonio, porque siempre ha estado dispuesto a escucharme.

Pero sobretodo a mis padres. Por haber aguantado, sin escapatoria alguna, y con un cariño incondicional, durante esta dura etapa de mi vida mis largas noches de estudio con café y cara larga. Por tener siempre la cafetera preparada cada noche, por si acaso.

Siempre os estaré agradecida.

# Resumen

El Trastorno Espectro Autista (TEA) es un trastorno del desarrollo complejo que afecta a las habilidades y competencias cognitivas, emocionales y sociales, con etiología múltiple y de variada gravedad [6]. El TEA es un trastorno con el que los pacientes que lo padecen van a convivir durante todo el desarrollo de su vida, pero, sin embargo, si este trastorno es identificado a una edad muy temprana, las terapias de intervención pueden producir mejorías significativas y duraderas. Uno de los principales problemas en común, dentro de los varios niveles de TEA, es la existencia de dificultades para conseguir la atención de estos pacientes debido a su incapacidad de relacionarse adecuadamente con el entorno. Esto da lugar a terapias largas en tiempo y muy costosas económicamente, así como una gran cantidad de tipos de terapias que pueden hacer las terapias muy complejas para los terapeutas como para los pacientes. Por lo que la atención que el paciente aporte en la terapia, así como, sobre todo no perderla, es un papel clave a la hora de mejorar la eficacia en las terapias. Este proyecto plantea una nueva hipótesis: la observación de que existe una mayor predisposición por parte de los pacientes con TEA hacia las nuevas tecnologías podría llegar a generar una mayor atención, por parte de los pacientes, en terapias realizadas con robótica social y por tanto ayudar a que la información llegue de una manera más eficaz al paciente. Se sitúa dentro del proyecto NAOTherapist [5], y su objetivo es demostrar la viabilidad de desarrollar una actividad para pacientes infantiles con TEA que sirva como herramienta de ayuda a un terapeuta en una sesión de terapia cognitiva. Más concretamente, los objetivos se centran en la resolución de tres cuestiones. La primera, es la modificación del dominio de planificación clásica de la plataforma NAOTherapist para soportar la actividad diseñada. La segunda, trata de traducir las órdenes provenientes del dominio en otras entendibles por el sistema motriz del robot NAO. Y la tercera, el reconocimiento de poses a priori desconocidas, por parte del robot NAO hacia el paciente, de entre las elegidas de un catálogo que tendrá visible durante toda la sesión este último.

A través de este proyecto lo que se pretende es poder facilitar las terapias y captar la atención de este tipo de pacientes a través del robot NAO como apoyo al terapeuta. A la vez que se mejora la capacidad de tolerancia a fallo; el robot se equivocará de manera voluntaria durante la sesión y demostrará al paciente la corrección del fallo cómo un juego interactivo. Y a su vez, se mejora la capacidad de decisión del paciente concediéndole la oportunidad de tener el rol de terapeuta al enseñar las poses al robot.

## Palabras clave

Terapia cognitiva, robótica social, Planificación Automática, PDDL, Trastorno Espectro Autista.

# Abstract

Autistic Spectrum Disorder (ASD) is a complex developmental disorder that affects cognitive, emotional and social skills and competences, with multiple etiologies and lots of varying severity [6]. ASD is a disorder in which patients who suffer from it will live together throughout their lives, but if this disorder is identified at a very early age, interventional therapies can lead to improvements significant and lasting. One of the main common problems within the various levels of ASD is the existence of difficulties in getting the attention of these patients due to their inability to relate adequately to the environment. This results in time-consuming and very costly therapies economically as well as a lot of types of therapies that can make therapies very complex for therapists as well as for patients. Therefore, the attention that the patient brings in the therapy, and do not lose it, is a key role in improving the effectiveness in the therapies. This project raises a new hypothesis: the observation that there is a greater predisposition on the part of the patients with ASD to the new technologies could generate a greater attention, on the part of the patients, in therapies made with social robotics and therefore to help to make information more effective for the patient. It is located within the NAOTherapist project [5], and its objective is to design an activity for children with ASD that serves as a tool to help a therapist in a session of cognitive therapy. More specifically, the objectives focus on the resolution of three issues. The first is the modification of the classic planning domain of the NAOTherapist platform to support the designed activity. The second, tries to translate orders from the domain into others understandable by the motor system of the robot NAO. And the third, the recognition of a priori unknown poses, by the robot NAO towards the patient, among those chosen from a catalog that will have visible during the whole session.

Through this project what is intended is, to facilitate the therapies and capture the attention of this type of patients through the NAO robot as a support to the therapist. At the same time improving the fault-tolerance capability; the robot will voluntarily err during the session and demonstrate to the patient the correction of the failure as an interactive game. And in turn, the patient's decision-making ability is enhanced by giving him the opportunity to play the role of therapist by teaching the robot poses.

# Keywords

Cognitive Therapy, Social Robotics, Automatic Planning, PDDL, Autistic Spectrum Disorder (ASD).

# Índice general

Capítulo 1 .....	10
Introducción .....	10
1.1. Contexto del problema .....	11
1.2. Motivación .....	12
1.3. Objetivos .....	14
1.4. Estructura del documento .....	15
Capítulo 2 .....	16
Estado de la cuestión .....	16
1.1. Robótica .....	16
1.1.1. Robótica social .....	17
1.2. Metodologías tradicionales de rehabilitación TEA .....	22
1.2.1. Qué es el TEA .....	22
Historia .....	22
Trastorno Espectro Autista .....	23
Programas de intervención específica en pacientes infantiles con TEA .....	24
1.3. Planificación automática .....	28
1.4. Plataforma robótica NAOTherapist .....	30
1.4.1. Arquitectura de la plataforma .....	31
1.4.2. Usos .....	33
1.5. Lenguajes de programación .....	34
Python .....	35
PDDL .....	35
Metric- FF .....	36
Capítulo 3 .....	37
Metodología de rehabilitación robótica en pacientes con TEA .....	37
3.1. Análisis posibles escenarios .....	37
3.1.1. Primera fase .....	37
3.2. Análisis del sistema .....	56
3.2.1. Descripción de las características funcionales .....	56
3.2.2. Restricciones del sistema .....	57
3.2.3. Especificación de casos de uso .....	58
3.2.4. Requisitos del sistema .....	62
Capítulo 4 .....	72

Diseño técnico de la solución .....	72
4.1. Descripción de la actividad .....	72
4.2. Arquitectura del sistema.....	72
4.3. Planificación de medio nivel.....	73
Modelado PDDL .....	74
4.4. Componente EXECUTIVE.....	81
Traducción de acciones de medio a bajo nivel .....	81
4.5. Aprendizaje de poses.....	84
4.6. Actualización del estado del mundo.....	86
Capítulo 5 .....	88
Experimentación y pruebas.....	88
1.1. Planes de ejecución de actividad.....	88
Plan normal.....	89
Plan con fallo provocado .....	91
5.1.1. Planes con replanificación.....	91
5.1.2. Reconocimiento de poses .....	95
5.2. Resultados cualitativos de interacción .....	97
5.3. Relación de requisitos.....	99
Capítulo 6 .....	100
Gestión del proyecto.....	100
6.1. Fases del proyecto .....	100
6.2. Planificación .....	101
6.3. Presupuesto .....	103
Costes estimados .....	103
Costes reales.....	104
Presupuesto final .....	105
6.4. Marco regulador.....	106
Capítulo 7 .....	107
Conclusiones.....	107
7.1. Conclusiones generales.....	107
7.2. Trabajos futuros .....	109
Bibliografía .....	120
Apéndice.....	125
Apéndice A.....	125
Plan normal.....	125
Plan con fallo provocado .....	127

Plan con REMIND-ME-TO-LEARN-POSE.....	129
Plan con SKIPT-POSE.....	131
Pruebas reconocimiento de pose .....	134
Apéndice B.....	175
Apéndice C.....	177
Ask-for-a-new-pose.....	177
Introduce-exercise .....	177
Execute-learn-pose .....	178

# Índice de tablas

Tabla 1 Criterios de diagnóstico del TEA según el DSM-5 .....	24
Tabla 2 Elementos comunes en un programa de intervención .....	25
Tabla 3 Modelos de intervención en los trastornos del espectro autista .....	26
Tabla 4 Caso de uso .....	59
Tabla 5 CU-00 .....	60
Tabla 6 CU-01 .....	61
Tabla 7 CU-02.....	61
Tabla 8 CU-03.....	61
Tabla 9 CU-04.....	62
Tabla 10 Requisitos del sistema.....	63
Tabla 11 RF-00 .....	64
Tabla 12 RF-01 .....	64
Tabla 13 RF-02 .....	65
Tabla 14 RF-03 .....	65
Tabla 15 RF-04 .....	65
Tabla 16 RF-05 .....	66
Tabla 17 RF-06 .....	66
Tabla 18 RF-07 .....	66
Tabla 19 RF-08 .....	67
Tabla 20 RF-09 .....	67
Tabla 21 RF-10 .....	67
Tabla 22 RF-11 .....	68
Tabla 23 RF-12 .....	68
Tabla 24 RF-13 .....	68
Tabla 25 RF-14 .....	69
Tabla 26 RF-15 .....	69
Tabla 27 RF-16 .....	69
Tabla 28 RF-17 .....	70
Tabla 29 RNF-00.....	70
Tabla 30 RNF-01.....	71
Tabla 31 RNF-02.....	71
Tabla 32 RNF-03.....	71
Tabla 33 Matriz de confusión reconocimiento de poses .....	96
Tabla 34 Matriz confusión total reconocimiento de poses .....	96
Tabla 35 Resultados pacientes .....	98
Tabla 36 Matriz de requisitos .....	99
Tabla 37 Planificación estimada .....	101
Tabla 38 Planificación real.....	102
Tabla 39 Costes estimados de personal .....	103
Tabla 40 Costes estimados software y hardware .....	103
Tabla 41 Costes totales estimados .....	104
Tabla 42 Costes reales de personal.....	104
Tabla 43 Costes reales de hardware y software .....	105
Tabla 44 Costes totales reales .....	105
Tabla 45 Presupuesto.....	105



# Índice de figuras

Ilustración 1 Desordenes del espectro autista [7] .....	11
Ilustración 2 Clase TEA con NAO.....	13
Ilustración 3 Tipos de robots según su morfología .....	17
Ilustración 4 Robor Kaspar [24] .....	18
Ilustración 5 Robot proyecto IROMEC [25] .....	19
Ilustración 6 Robot Keepon [28] .....	19
Ilustración 7 Proyecto ASKNAO [16] .....	20
Ilustración 8 Robot Maggie .....	20
Ilustración 9 Robot Tim guía [32].....	21
Ilustración 10 Robot Paro [34].....	21
Ilustración 11 Aula TEACCH [49].....	28
Ilustración 12 Modelo planning [50].....	29
Ilustración 13 Ejemplo de las jarras .....	30
Ilustración 14 Arquitectura NAOTherapist [51] .....	33
Ilustración 15 Juego del Simon .....	34
Ilustración 16 Subfases de la primera fase.....	38
Ilustración 17 Tablet .....	42
Ilustración 18 Reconocimiento pictogramas.....	46
Ilustración 19 Subfases de la segunda fase .....	49
Ilustración 20 Diagrama de flujo plan actividades fase 2.....	52
Ilustración 21 Diagrama de subfases de la fase tres.....	53
Ilustración 22 Diagrama de flujo plan actividades fase 2.....	55
Ilustración 23 Diagrama caso de uso .....	60
Ilustración 24 Resumen Arquitectura NAOTherapist.....	73
Ilustración 25 Formación de pose.....	75
Ilustración 26 Diagrama de flujo dominio.....	76
Ilustración 27 Diagrama de flujo actividad TEACH-ME .....	78
Ilustración 28 Reconocimiento poses .....	85
Ilustración 29 Reconocimiento método check_some_poses .....	85
Ilustración 30 Catálogo de poses .....	89
Ilustración 31 Poses robot NAO.....	89
Ilustración 32 Entorno de ejecución de la actividad TEACH-ME .....	97
Ilustración 33 Planificación estimada .....	101
Ilustración 34 Planificación real .....	102
Ilustración 35 Pose brazos en jarra .....	108
Illustration 36 ASD disorders .....	110
Illustration 37 Architecture NAOTherapist.....	114
Illustration 38 Composition of pose.....	115
Illustration 39 TEACH-ME activity flow diagram.....	115
Ilustración 40 Recognition method check_some_poses.....	116
Illustration 41 Catalogue of poses .....	117
Illustration 42 Confusion Matrix of recognition of poses .....	118

# Capítulo 1

## Introducción

La robótica social es un campo de la robótica cuyo fin es el de crear robots capaces de interactuar y comunicarse con los seres humanos siguiendo comportamientos, patrones y normas sociales [1]. Este término engloba todas las plataformas que dan forma a este fin y se encuentra en constante crecimiento aportando resultados positivos. La importante inversión concedida a la robótica social en los últimos años hace que se hayan aumentado las líneas de investigación y se centre en diferentes sectores. Estos sectores se centran en dominios tanto de rehabilitación física como cognitiva, así como cuidados directos. Como ejemplo, ayuda en cuidados en ancianos, terapias de rehabilitación física, terapias en pacientes con autismo, etc. En estos pacientes, sobre todo el público infantil, la robótica social ha conseguido servir como herramienta de apoyo a los terapeutas y médicos permitiendo resultados más fuertes debido a la capacidad de atención que aportan estos pacientes a robots con capacidades sociales.

La dificultad principal se trata en ofrecer una personalidad en el robot capaz de proporcionar una realimentación útil, ofreciendo a los usuarios una manera de modelar y entender su conducta [2]. La base de nuestra capacidad de aprendizaje se encuentra la empatía emocional [3]. Y para lograr este objetivo se deben crear robots, máquinas e interfaces creen vínculos emocionales con sus usuarios, bien a través de la simulación de emociones, bien por la infiltración emocional de estos a las reacciones de los usuarios o bien por un diseño amable que permita la optimización del trabajo [4].

Este proyecto se sitúa dentro del apoyo a terapias cognitivas con pacientes infantiles con TEA (Trastorno Espectro Autista). Su fin es el de abrir una nueva línea de investigación dentro del proyecto NAOTherapist [5] que se centra en rehabilitación motriz, proporcionando nuevas actividades terapéuticas desde un punto de vista cognitivo en vez de físico para mejorar las habilidades sociales, del lenguaje y del desarrollo sensorial y motriz del paciente a la vez que se realiza una evaluación de las mismas.

El objetivo es crear una actividad personalizable para cada paciente que permita potenciar las habilidades con déficit en este perfil de pacientes. Para ello tomaremos como herramienta de control un robot humanoide preprogramado con capacidad de movimiento y habla que interactuará con el paciente. Este será capaz de tomar decisiones para crear el desarrollo normal de la actividad, así como para reaccionar ante situaciones imprevistas.

Este capítulo se extiende en cuatro puntos; el punto 1.1., contexto del problema, describe el tipo de pacientes que serán beneficiarios de esta actividad. El punto 1.2., motivación, habla de los beneficios que aporta esta actividad a los pacientes que interactuarán con ella. El punto 1.3., objetivos, ofrece la propuesta concreta y los fines desarrollados de este trabajo. Y, por último, el punto 1.4., estructura del documento, para ayudar a comprender con más facilidad cómo va a estar estructurado el documento.

## 1.1. Contexto del problema

Este trabajo está destinado a pacientes infantiles que padecen de TEA (Trastorno Espectro Autista). Este apartado consistirá en una breve explicación del trastorno, así como las dificultades que padecen los pacientes con TEA y las facilidades que podrá aportar este trabajo en su desarrollo y mejora personal.

El Trastorno Espectro Autista (TEA) es un trastorno del desarrollo complejo que afecta a las habilidades y competencias cognitivas, emocionales y sociales, con etiología múltiple y de variada gravedad [6]. Las características más destacables de este perfil de pacientes se centran en déficits cualitativos en la interacción social y en la comunicación, patrones repetitivos y estereotipados en el comportamiento, y un repertorio restrictivo de intereses y actividades. El TEA engloba trastornos como Autismo de Kanner, Autismo Atípico, el Trastorno Desintegrativo Infantil y el Trastorno de Asperger.



Ilustración 1 Desordenes del espectro autista [7]

A pesar de ser muy recomendable y necesaria la detección temprana, en la práctica resulta sumamente difícil, y a muy pocos pacientes con sospecha de TEA se les deriva a servicios especializados antes de los 3 años [8]. Están relacionados con atrasos en el habla, no balbucea, no hace gestos (señalar, decir adiós con la mano) a los 12 meses, no dice palabras sencillas a los 18 meses, no presta atención a otras personas, no responde a las expresiones faciales o sentimientos de los demás, falta de utilización

social de la mirada, estereotipias o manierismos de manos y dedos, entre muchos más síntomas posibles, según los estudios realizados por Filipek [9] y la autoridad sanitaria del estado de Nueva York [10].

El TEA es un trastorno con el que los pacientes que lo padecen van a convivir durante todo el desarrollo de su vida, pero, sin embargo, si este trastorno es identificado a una edad muy temprana, como se acaba de comentar en el párrafo anterior, es mucho más fácil la mejora en la conducta social, el manejo de la comunicación y del lenguaje y/o en el comportamiento. Se trata de mejorar su situación y sus habilidades a través de terapias de intervención temprana que pueden favorecer una diferencia importante y producir mejoras significativas y duraderas [11].

Estas terapias, se realizan en función de los aspectos que se deben valorar anteriormente del infantiles con TEA. Estos son; la capacidad de relación social del paciente, la comunicación y lenguaje, y la capacidad motriz. Esta última engloba la capacidad de juego, la imaginación y la espontaneidad. Y la incapacidad de imitación, la presencia de estereotipias, intereses limitados y las conductas obsesivas.

## 1.2. Motivación

Como se ha expuesto en el apartado anterior 1.1, los pacientes infantiles que poseen TEA pueden mejorar su calidad de vida a través de terapias de intervención temprana. Estos consiguen que la mejora sea mucho más factible para el paciente. Nos encontramos con varios tipos de niveles de TEA, e incluso en los niveles más altos, cómo puede ser el síndrome de Asperger, existen dificultades para conseguir llamar la atención de los pacientes debido a su incapacidad de relacionarse adecuadamente. Por lo que la atención que el paciente aporte en la terapia y la forma de conseguir esta, así como, sobre todo no perderla, es un papel clave a la hora de mejorar la eficacia en las terapias. Esto da lugar a terapias largas en tiempo y muy costosas económicamente, así como una gran cantidad de tipos de terapias que pueden llegar a confundir a los familiares del paciente con TEA.

Centrándonos en una de ellas, el análisis conductual aplicado (ABA; del inglés, Applied Behavioral Analysis), que es la aplicación de los principios fundamentales de la teoría del aprendizaje para mejorar las conductas, habilidades o aptitudes humanas socialmente significativas descrita por Skinner [12], centra una de sus partes en terapias por imitación.

Desde el punto de vista social, la imitación tiene un papel fundamental en el aprendizaje y en el desarrollo cultural. Esta habilidad se encuentra seriamente afectada en pacientes con Trastornos del Espectro Autista, por lo que es fundamental desarrollar terapias que le ayuden a potenciar estas acciones de cara a mejorar su aprendizaje. Estas terapias desarrollan la imitación de acciones motoras, funcionales, simbólicas y sociales [13].

Varias investigaciones exponen experiencias educativas llevadas a cabo con pacientes con trastorno del espectro autista (TEA) y el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Estas muestran en sus resultados la evidencia de las bondades de las TIC en la enseñanza de estos pacientes [14]. El beneficio añadido de aportar terapias con tecnología es motivar al paciente y permitirle tener el control. Además de mejorar esos aspectos emocionales y sociales.

La aplicación de los robots autónomos en terapias y educación de los pacientes con TEA se han estudiado por diversos autores, enfocados principalmente como juguetes robóticos que tienen la ventaja de programación para responder diferentes situaciones y eventos [15]. Un robot puede seguir un plan de juego determinado actuando de forma inesperada en situaciones vividas en el entorno al interactuar con un paciente. Un robot es capaz de aprender en el tiempo generando interacciones más sofisticadas y situaciones nuevas e impredecibles que pueden ayudar a captar y mantener el interés del paciente.

En la Ilustración 2 podemos ver una clase de pacientes con TEA interactuando con el robot humanoide NAO desarrollado por Softbank Robotics' [16] en su proyecto ASK (Autism Solution for Kids) NAO, que fue probado durante varios meses en The Moody Elementary School in Lowell, Mass., y en otra escuela de Reino Unido.



*Ilustración 2 Clase TEA con NAO*

Por lo que, este trabajo surge de la observación de que existe una mayor predisposición de los pacientes con TEA hacia las nuevas tecnologías, lo que permite obtener su atención para hacerles llegar órdenes, estímulos, etc. a través de herramientas tecnológicas unidas a una terapia de imitación. El robot simplifica la interacción, da a los pacientes más tiempo para procesar la información, la construcción de oraciones es más simple, repite y repite todas las veces que sea necesario sin cansarse y nunca juzgan [17].

## 1.3. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es diseñar un plan de actividades, complementario al proyecto NAOTherapist, para pacientes infantiles con TEA (Trastorno Espectro Autista) que sirva como herramienta de ayuda a un terapeuta en una sesión de terapia cognitiva. A través de este proyecto lo que se pretende es poder facilitar estas terapias y captar la atención de este tipo de pacientes a través del robot NAO como apoyo al terapeuta.

El proyecto se guía de dos objetivos principales: el primero, es hacer un análisis de cómo son las metodologías de terapia infantiles con pacientes con TEA. Dentro de ellas, definir qué tipo de actividades se podrían hacer desde la robótica social y cuál ha sido la seleccionada para su implementación argumentando los motivos de la elección. En segundo lugar, demostrar que plataforma NAOTherapist es un entorno viable para llevar a cabo estos objetivos llevando la implementación de los mismos en la plataforma. Estos objetivos más concretos son: crear un dominio que reúna las características válidas de una actividad de terapia infantil para pacientes con TEA, implementar toda la funcionalidad requerida y evaluarla con pacientes reales. Que, más desglosados, son los siguientes:

- Generación de un plan de actividades especializado en pacientes infantiles con TEA pensado para el robot NAO.
- Generación de un dominio en un lenguaje declarativo que ejecutado en un planificador sea capaz de generar un plan de acciones para dar paso a la actividad.
- Generación de problemas aplicables al dominio generado.
- Capacidad de NAO de seguir el plan de acciones establecido de manera autónoma.
- Capacidad de replanificar el plan de acciones si ocurre alguna situación inesperada.
- Problemas configurables por cada paciente para acercarse a sus necesidades más concretas.
- Generación de código capaz de traducir las acciones del plan de nivel medio a nivel bajo, este último directamente comunicado con las articulaciones robóticas.
- Mejorar la tolerancia a fallos en el paciente con TEA proponiendo un porcentaje de error en la ejecución de poses por parte del robot.
- Mejorar la capacidad de decisión del paciente a través de la elección de la pose a imitar en la actividad propuesta en el plan.

Dejando claro los objetivos del proceso de investigación, se establecen objetivos más orientados al desarrollo del documento:

1. Fase de investigación del estado de la cuestión relacionado con la robótica social y los pacientes infantiles con TEA.
2. Creación de posibles planes de actividades y confirmación del plan final.
3. Diseño de un dominio y un modelo de problema asociado al dominio en lenguaje declarativo, así como el código del componente que gestionará este dominio directamente con la plataforma robótica.
4. Fase experimental donde se comprobará los resultados del plan.

Definiríamos como meta del proyecto la correcta corroboración de todos estos requisitos. Así cómo servir de referencia para futuros proyectos y establecer una base para próximos estudios y trabajos, ya que nuestro objetivo principal es abrir una nueva línea de investigación en el proyecto NAOTherapist [52].

## 1.4. Estructura del documento

En esta memoria explicativa del plan de investigación se exponen detalladamente las fases por las que ha ido pasando el proyecto, comenzando por la fase de análisis inicial hasta su implementación y experimentación para poder realizar una conclusión con los resultados obtenidos. El documento se estructura cómo se detalla a continuación:

- Comenzando por la *introducción* que se acaba de exponer y estableciendo las metas a alcanzar en este proyecto, se pasa a realizar un análisis del *estado de la cuestión* relacionada con el mismo.
- Una vez realizados estos puntos, se describe la investigación realizada. Para ello se habla de las *metodologías robóticas de terapia cognitiva en pacientes con TEA*, en este capítulo se plantean los diferentes planes de actividades, así como la fijada finalmente como actividad a desarrollar.
- Después se pasa al *diseño e implementación* del sistema profundizando en los aspectos técnicos de la actividad final.
- Posteriormente, se explican las *pruebas* de la actividad resultante de la implementación y la *evaluación* del mismo en pacientes reales.
- Para continuar en el desarrollo del documento, se incorpora la gestión del mismo hablando del *presupuesto, la planificación y el marco regulador*.
- Para finalizar se tratarán las *conclusiones* obtenidas a lo del largo del proyecto como las posibles líneas futuras y si la meta del proyecto ha sido alcanzada y de qué manera ha sido posible su realización.



# Capítulo 2

## Estado de la cuestión

El estado de la cuestión se desarrolla en cuatro apartados. Comienza con el apartado 2.1. que expone las metodologías tradicionales de rehabilitación para pacientes con TEA. Continúa el 2.2. exponiendo la robótica como ciencia, y dentro de ella más concretamente la robótica social, que es en lo que nos enfocamos en este proyecto. En el apartado 2.3. se habla de la planificación automática, después, el apartado 2.4. hace una presentación de la arquitectura y los usos que posee la plataforma NAOTherapist en la que nos basamos para incorporar la actividad. Y finalmente, termina con el apartado 2.5. que hace una mención a los lenguajes de programación utilizados para la implementación del proyecto.

### 1.1. Robótica

La robótica es una ciencia encargada de la creación de sistemas artificiales (entidades virtuales o mecánicas) capaces de realizar trabajos automáticos productivos y capaces de imitar movimientos y comportamientos de seres vivos, más concretamente, tareas humanas de manera autónoma. Ha tenido un vertiginoso desarrollo a partir de los inicios de la época de los 60s y desde entonces ha ido aumentando su desarrollo e innovación de manera creciente.

En la última década se ha apostado de manera considerable por ramas de la robótica que se dedican a la interacción con seres humanos intentando mimetizarse con ellos a través de expresiones, emociones y gestos, que hacen que la interacción con el ser humano sea lo más real posible. El objetivo es suprimir la rigidez y crear robots con comportamientos cada vez más dinámicos.

El tipo de configuración general del robot puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un robot a través del cambio de su configuración por el propio robot. El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales -cambio de herramienta o de efector terminal-, hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales [18]. La subdivisión de los robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: poliarticulados, móviles, andróides, zoomórficos, industriales, médicos y teleoperadores.



- **Poliarticulados:** su característica común es la de ser básicamente sedentarios. Estos robots son ideales para cuando se precisa abarcar una amplia zona de trabajo. Ilustración 3 Figura A.
- **Móviles:** Robots con un sistema locomotor rodante con grandes capacidades de desplazamiento. Ilustración 3 Figura B.
- **Androides:** intentan reproducir la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Ilustración 3 Figura C.
- **Zoomórficos:** La locomoción de estos robots imita a la de un animal. Ilustración 3 Figura D.
- **Industriales:** Su uso es el de realizar los procesos de manipulación o fabricación automáticos. Ilustración 3 Figura E.
- **Médicos:** Cuentan con sistemas de mando y se adaptan al cuerpo, suplantando órganos o extremidades. Ilustración 3 Figura F.
- **Teleoperadores:** Dispositivos electromecánicos móviles o estacionarios controlados por un humano. Ilustración 3 Figura G.



Ilustración 3 Tipos de robots según su morfología

Dentro de la clasificación también existen los híbridos, que son aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición.

## 1.1.1. Robótica social

Los robots sociales se definen como plataformas capaces de establecer una interacción social con las personas similar a la interacción interpersonal [19].

Todo robot social está definido por cuatro elementos esenciales; la parte física del robot que es la que se relaciona físicamente con el entorno. La parte reflexiva, que es la naturaleza rápida de respuesta a acontecimientos imprevistos. La parte deliberativa es la requerida para alcanzar objetivos y metas definidas. Y la parte social, definida como la capacidad del robot de interactuar con otros robots para alcanzar estos objetivos [20]. Por otro lado, es relevante que el robot demuestre una cierta “personalidad” distintiva, para que los seres humanos puedan establecer una relación

más concreta con él. En particular, la personalidad del robot ofrece a los usuarios una forma de entender su conducta.

Este tipo de plataformas han sido propuestas como herramientas complementarias en rehabilitación, en terapias para personas con autismo, para mejorar la adherencia y conformidad al tratamiento, así como para el entretenimiento, el disfrute y el confort [21].

Diversos proyectos se encuentran orientados a lograr un mejor desempeño de los pacientes en las terapias con TEA:

El proyecto AURORA ha investigado desde 1997 la utilización de una plataforma robótica como herramienta terapéutica para los pacientes con autismo. Evalúa las interacciones que no están restringidas y que implica la libre circulación de los pacientes. Para cuantificar la interacción, los experimentos los evalúan usando grabaciones de vídeo que dieron lugar a la cuantificación de un conjunto de parámetros de comportamiento [22].

El proyecto ROBATA se centra en los efectos de la exposición repetida de pacientes con autismo a un robot humanoide. Los resultados muestran la necesidad de realizar estudios de períodos más largos de tiempo para revelar todo el potencial de los robots en la terapia y la educación de los pacientes con autismo [23].

KASPAR (Ilustración 4) es un pequeño robot humanoide mínimamente expresivo creado por la Universidad de Hertfordshire. Este proyecto argumenta que, al interactuar con KASPAR, los pacientes que son considerados de bajo funcionamiento de acuerdo con TEA consiguen demostrar algunas habilidades interactivas importantes. Es un ejemplo de cómo las soluciones de baja tecnología, diseñados y adaptados al contexto de uso y la necesidad de sus usuarios pueden contribuir a su educación social [23].



Ilustración 4 Robor Kaspar [24]

El proyecto IROMEC desarrolló un robot para los pacientes. El proyecto investiga cómo los juguetes robóticos pueden convertirse en mediadores. Los resultados

presentan una lista de cuestiones claves para tener en cuenta en el diseño de un juguete robótico, dependiendo del tipo de juego y el movimiento [23].



*Ilustración 5 Robot proyecto IROMEC [25]*

El Proyecto KEEPON es un diseño minimalista producido para demostrar intuitivas y cómodas expresiones del robot de acuerdo con las emociones y la atención. La investigación se ha centrado en pacientes de 2 a 4 años con autismo y llamó la atención la manera como el robot es capaz de llamar su atención, según la dirección de su mirada y las emociones (placer y excitación) [26] [27].



*Ilustración 6 Robot Keepon [28]*

El proyecto de PlayROB estudia la importancia de la interacción en el desarrollo de un paciente. El objetivo son los pacientes entre 9 y 11 años que tienen discapacidades físicas. Se basa en la existencia de un sistema robótico controlado remotamente, que ayuda a los pacientes con discapacidades severas en la interacción con los juguetes en este caso LEGO [29].

Incluso el proyecto ASK NAO del propio desarrollador de NAO [16] ASK NAO es una solución integral diseñada para ayudar a los terapeutas en el apoyo a pacientes autistas. Las aplicaciones educativas ofrecidas con la interfaz están inspiradas

directamente en modelos de terapia controlados (ABA, PECS, TEACCH, DENVER, SCERTS) [30].



Ilustración 7 Proyecto ASKNAO [16]

Existen otras aplicaciones, aparte de las nombradas anteriormente, que esencialmente se han basado en la educación infantil y en la terapia infantil, de la robótica social. Algunos ejemplos que exponer serían:

- Entre ellas encontramos la robótica social cómo mero *entretenimiento*.

En esta categoría se encuentra MAGGIE, un robot desarrollado por el Robotics Lab de la UC3M en España. Es capaz de reconocer voces, caras, sentir cuando alguien la toca, moverse por el entorno con autonomía, evitando obstáculos, conectarse a Internet y dar información accesible [31].



Ilustración 8 Robot Maggie

- Dar *información*, organizador (agenda, notas...) y comunicación (enviar mensajes de textos y/o correos electrónicos, dar la hora...) es otra de las casuísticas posibles para un robot social.
- Cómo medio de *vigilancia* (En incendios, en conducción autónoma, etc.)
- Robots sociales con apariencia y comportamiento de *mascotas*.

En el Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona ayudan a los niños a superar su estancia en el hospital y, además de animarlos, les inculca valores positivos.

- *Servicios profesionales*.

Por ejemplo, Tim, guía robot a disposición del público del Museo Alemán de la Técnica para presentar a los visitantes la muestra 'La red. Personas, cables y flujo de datos.'



Ilustración 9 Robot Tim guía [32]

- *Compañía* y asistencia a personas mayores y/o con capacidades disminuidas.

Los robots de asistencia a personas mayores se centran en cuatro áreas de aplicación: seguridad, entretenimiento, asistencia personal y estimulación. En esta categoría se encuentra Paro, un robot foca bebé desarrollado en Japón tanto como mascota como con fines terapéuticos [33].



Ilustración 10 Robot Paro [34]

## 1.2. Metodologías tradicionales de rehabilitación TEA

En este apartado se van a exponer las principales metodologías que se utilizan en las terapias cognitivas de rehabilitación en pacientes con TEA.

### 1.2.1. Qué es el TEA

En este subapartado se van a exponer los diferentes temas relacionados con el TEA, ente ellos la historia del TEA, el transtorno en sí y las metodologías de terapia que se aplican en este tipo de pacientes.

## Historia

Leo Kanner, 1943 [35] en Estados Unidos y Hans Asperger, 1944 [36] en Austria, describieron en 1943 unos cuadros clínicos que hoy se incluyen en los denominados Trastornos del Espectro Autista. A lo largo de los años el término ha ido variando. En los años cincuenta como un trastorno psicogénico: el *autismo*, con márgenes claros y presentación clínica similar en todos los pacientes. A partir de los años setenta se empezó a verlos como trastornos del desarrollo de ciertas capacidades infantiles (de la socialización, la comunicación y la imaginación). Se acuñó entonces el término Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD), definidos en el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, cuarta edición, texto revisado, como trastorno autista, síndrome de Asperger y TGD no especificado [37].

En los últimos años se incorpora el término Trastornos del Espectro Autista (TEA), a partir de la aportación de Lorna Wing, en 1989 [38]. Wing argumenta que el autismo clásico, es dudoso, a causa de que un gran número de problemas mentales y síndromes cerebrales orgánicos presentan también la tríada clásica; por eso, separar los casos de autismo puro de estas otras formas es imposible [39].

El término TEA resalta la noción dimensional de un *continuo* (no una categoría), en el que se altera cualitativamente un conjunto de capacidades en la interacción social, la comunicación y la imaginación. No obstante, para la investigación es imprescindible la utilización de clasificaciones internacionales, el establecimiento de los subgrupos específicos y la descripción sus características.



Disponemos actualmente de dos sistemas de clasificación diagnóstica: uno el establecido por la Asociación Psiquiátrica Norteamericana, el Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales (DSM-V) [40], que constituye el sistema más utilizado para la investigación internacional de calidad; y otro, el desarrollado por la Organización Mundial de la Salud, la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) que se utiliza de manera oficial para codificar las enfermedades en muchos países [41].

## Trastorno Espectro Autista

El TEA es un trastorno generalizado del desarrollo. El diagnóstico es clínico y se basa en las alteraciones de la interacción social, problemas de la comunicación, y por presentar un repertorio restringido, repetitivo o estereotipado de las actividades e intereses. Posee una amplia variedad de expresiones clínicas y comparten las siguientes características: dificultades en el desarrollo de la interacción social recíproca, dificultades en el desarrollo del lenguaje y la comunicación verbal y no verbal, y patrones de interés restringido y presencia de conductas repetitivas y restrictivas.

Los síntomas aparecen durante los primeros tres años de vida y se estima que afecta a 5 de cada 10.000 individuos, es tres veces más frecuente en varones que en mujeres y es habitual su asociación con discapacidad intelectual (cociente intelectual, CI < 70), que está presente en el 25-40% de los casos, excepto los pacientes con síndrome de Asperger, que también están incluidos dentro del espectro, considerados como personas de 'alto funcionamiento' [42]. La intervención en pacientes con TEA supone un reto muy complejo para los profesionales y difícil de abordar desde un solo campo de intervención [43].

En el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM) se sustituye el término "trastorno generalizado del desarrollo" por el de "trastornos del espectro autista", sin subcategorías, y se excluyen de él el síndrome de Rett y el trastorno desintegrativo de la infancia.

<i>Criterios de diagnóstico de Trastorno del Espectro Autista según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-5) en su revisión de 26 de enero de 2011.</i>
<b>Trastorno del Espectro Autista 299.00 F (84.0)</b>
Criterios diagnósticos: Debe cumplir los criterios A, B, C y D:
<i>A. Déficits persistentes en la comunicación y en la interacción social en diversos contextos, manifestando simultáneamente los tres déficits siguientes:</i>
1. Déficits en la reciprocidad social y emocional.
2. Déficits en las conductas de comunicación no verbal que se usan en la comunicación social.
3. Déficits en el desarrollo, comprensión y mantenimiento de relaciones adecuadas al nivel de desarrollo.
<i>B. Patrones de comportamiento, intereses o actividades restringidas y repetitivas que se manifiestan al menos en dos de los siguientes puntos:</i>
1. Habla, movimientos o manipulación de objetos estereotipada o repetitiva.
2. Excesiva fijación con las rutinas, los patrones ritualizados de conducta verbal y no verbal, o excesiva resistencia al cambio.
3. Intereses altamente restringidos, obsesivos, que son anormales por su intensidad o su foco.
4. Hiper o hipo-reactividad a los estímulos sensoriales o inusual interés en aspectos sensoriales del entorno.
<i>C. Los síntomas deben estar presentes en el período de desarrollo temprano.</i>
<i>D. La conjunción de síntomas limita y discapacita para el funcionamiento cotidiano, causan alteraciones clínicamente significativas.</i>
<i>E. Estas alteraciones no se explican mejor por la presencia de una discapacidad intelectual (trastorno del desarrollo intelectual) o un retraso global del desarrollo.</i>

Tabla 1 Criterios de diagnóstico del TEA según el DSM-5

## Programas de intervención específica en pacientes infantiles con TEA

Las dificultades que presentan las personas con autismo comienzan a aparecer en una fase temprana del desarrollo. La atención temprana se centra en las intervenciones dirigidas a la población infantil, familia y al entorno, cuyo objetivo es dar respuesta a las necesidades que presentan los pacientes con trastornos en su desarrollo. La intervención temprana intensiva ha demostrado que puede modificar, al menos en ciertos casos, el mal pronóstico generalmente asociado a estos pacientes.

El sustancial aumento del número de pacientes con TEA ha favorecido a que se planteen procedimientos de detección, diagnóstico y tratamiento más apropiados y



eficaces. Cuanto más temprano se inicia la intervención en la vida de estos pacientes, mejores resultados se evidencian.

Los métodos terapéuticos se centran en tres enfoques distintos: comunicación, estrategias de desarrollo y educacionales, y uso de principios conductuales para mejorar el lenguaje y el comportamiento. Existe unanimidad en iniciar terapia de forma temprana, pero no en cuanto al mejor método. Estos métodos presentan dificultad ya que los TEA representan un diagnóstico complejo y variado, de forma que cada intervención hace hincapié en mejorar unos síntomas y no otros. Los elementos comunes que ha de tener un buen programa de intervención:

<b>Elementos comunes en un programa de intervención:</b>
Entrada precoz en el programa, sin esperar al diagnóstico definitivo.
Intervención intensiva, el mayor número de horas que el paciente pueda recibir por sus características.
Baja tasa de paciente-profesor, con numerosos momentos de terapia 1 a 1, para conseguir objetivos individualizados.
Inclusión de la familia en el tratamiento.
Oportunidades de interacción con pacientes sin problemas de su misma edad. Medición frecuente de los progresos.
Alto grado de estructuración, con elementos como una rutina predecible, programas de actividades visuales y límites físicos para evitar la distracción.
Estrategias para la generalización y perpetuación de las actividades aprendidas.
Uso de un programa basado en la evaluación que promueva: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Comunicación funcional y espontánea</li> <li>b) Habilidades sociales (atención conjunta, imitación, interacción recíproca, iniciativa y autocuidado)</li> <li>c) Habilidades funcionales adaptativas para alcanzar mayor responsabilidad e independencia (p. ej., manejo del dinero)</li> <li>d) Reducción de las conductas disruptivas o mal adaptativas.</li> <li>e) Habilidades cognitivas, como el juego simbólico y el tomar un punto de vista</li> <li>f) Habilidades de destreza y académicas, según su grado de desarrollo</li> <li>g) Desarrollo de funciones ejecutivas (planificación, programación, anticipación, autocorrección, etc.)</li> </ul>

*Tabla 2 Elementos comunes en un programa de intervención*

Dentro de la gran diversidad de modelos de intervención, podemos seguir la siguiente clasificación, propuesta en 1997 por el grupo de Mesibov [46]:

<b>Modelos de intervención en los trastornos del espectro autista</b>	
1.	<i>intervenciones psicodinámicas</i>
2.	<i>intervenciones biomédicas</i>
	Medicaciones Medicina complementaria y alternativa
3.	<i>intervenciones psicoeducativas</i>
3.1.	<i>Intervenciones conductuales</i>
	Programa Lovaas Análisis aplicado de la conducta (ABA) contemporáneo.
3.2.	<i>Intervenciones evolutivas</i>
	Floor Time Responsive Teaching Relationship Development Intervention
3.3.	<i>Intervenciones basadas en terapias</i>
3.3.1.	<i>Intervenciones centradas en la comunicación</i>
	Estrategias visuales, instrucción con pistas visuales Lenguaje de signos Sistema de comunicación por intercambio de imágenes Historias sociales (social stories) Dispositivos generadores de lenguaje Comunicación facilitada Entrenamiento en comunicación funcional
3.3.2.	<i>Intervenciones sensoriomotoras</i>
	Entrenamiento en integración auditiva Integración sensorial
3.3.3.	<i>Intervenciones basadas en la familia</i>
	Programas PBS (Family-Centred Positive Behaviour Support Programs) Programa Hanen (More than Words)
3.3.4.	<i>Intervenciones combinadas</i>
	Modelo SCERTS Modelo TEACCH Modelo Denver Modelo LEAP

Tabla 3 Modelos de intervención en los trastornos del espectro autista

Las intervenciones psicodinámicas prácticamente no se usan hoy día, ya que se quedan en una base obsoleta del autismo. Las intervenciones biomédicas hasta la fecha no han demostrado eficacia alguna de forma científica.

Finalmente, el tratamiento del TEA se ha centrado en las intervenciones psicoeducativas, ya que se han tomado cómo mayormente eficaces. A su vez, nos vamos a enfocar en el Análisis aplicado de la conducta (ABA) contemporáneo, que es un modelo dentro de las intervenciones conductuales, y en el Modelo TEACCH, dentro de las intervenciones combinadas entre métodos evolutivos y conductuales, ya que son los modelos que más se aplican en la actualidad debido a sus buenos resultados.

En el método ABA (Applied Behavior Analysis) se aplican los principios de la teoría del aprendizaje de una manera sistemática. Dentro de este método, se encuentra, por ejemplo, el Entrenamiento en ensayos separados (Discrete Trial Training, DTT), que descompone habilidades específicas en pequeños pasos que se aprenden de una manera gradual. Se basa en refuerzos, y la metodología es [47]:

- El terapeuta presenta una orden o pregunta clara (estímulo).
- En caso necesario, la orden va seguida de un refuerzo.
- El paciente responde de manera correcta o incorrecta (respuesta).
- El terapeuta proporciona una consecuencia: una respuesta correcta recibe un refuerzo, mientras que una incorrecta se ignora o se corrige.

El modelo TEACCH –Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children (tratamiento y educación de pacientes autistas y con problemas de comunicación)– 1966 por el Dr. Schopler, en la Universidad de Carolina del Norte (Estados Unidos).

El modelo TEACCH se centra en entender la forma que tienen las personas con TEA de pensar, aprender y experimentar el mundo. Se basa típicamente en cinco componentes [48]:

- Centrarse en el aprendizaje estructurado.
- Uso de estrategias visuales para orientar al paciente (estructura de la clase, del material y de la agenda) y para el aprendizaje del lenguaje y la imitación.
- Aprendizaje de un sistema de comunicación basado en gestos, imágenes, signos o palabras impresas.
- Aprendizaje de habilidades preacadémicas (colores, números, formas, etc.).
- Trabajo de los padres como coterapeutas, usando en casa los mismos materiales y técnicas.

Hoy día, el método TEACCH es el programa de educación especial más usado en todo el mundo y existen informes de su eficacia en mejorar habilidades sociales y de comunicación, reduciendo conductas maladaptativas.

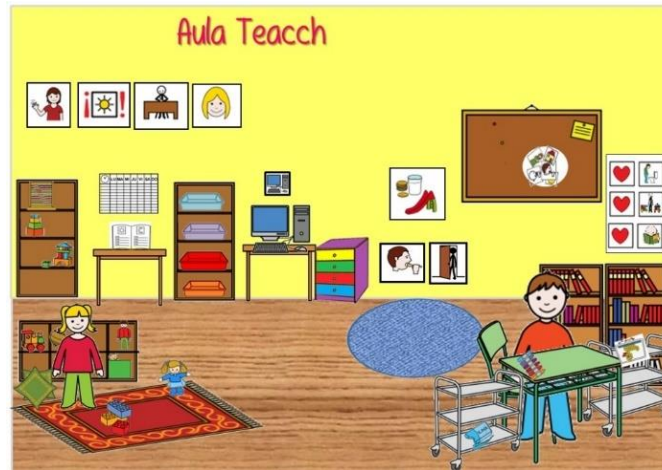


Ilustración 11 Aula TEACCH [49]

## 1.3. Planificación automática

La Planificación Automática (PA) es una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que nace en los años setenta cuyo objetivo es resolver problemas a través de planes compuestos por una secuencia de acciones. De las variadas formas que se han explorado, la que mejor modeliza el aprendizaje humano es la que toma en los sistemas con aprendizaje por observación y descubrimiento.

Se basa en la resolución de un problema con un algoritmo de planificación, que, a partir de un estado inicial del mismo debe alcanzar el estado final, es decir, una determinada meta, o conjunto de metas, a través de un conjunto de acciones predefinidas únicas aplicables al problema.

La solución es la salida que devuelve el algoritmo de planificación, y esta es un plan de acciones formado a partir de las acciones disponibles que ha seleccionado el algoritmo de forma automática y que concluye con la meta o metas del problema planteado.

El algoritmo de planificación que genera el plan y tiene como entradas el dominio (conjunto de acciones y predicados) y el problema (estado inicial y metas) se denomina planificador.

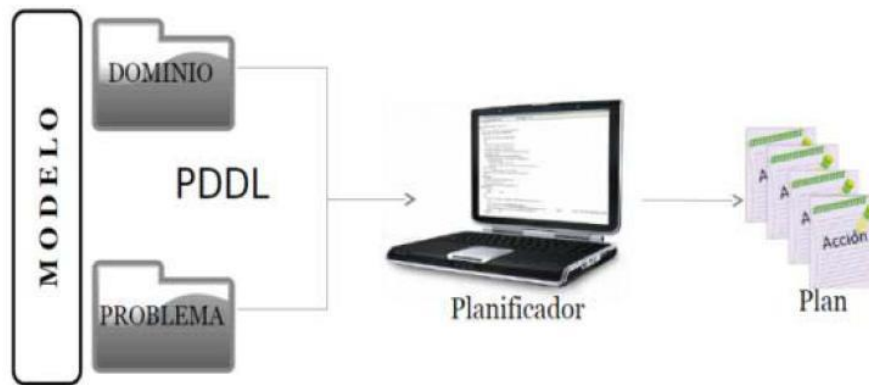


Ilustración 12 Modelo planning [50]

Para resolver un problema con Planificación Automática necesitamos poder representar todo el conocimiento en un dominio. Este a su vez está formado por predicados y acciones que definen el estado del mundo. Cada vez que se aplica una acción tienen que darse las precondiciones asociadas a esa acción y entonces se da uno o varios efectos, para cada una de las acciones existen precondiciones a cumplir y los efectos que causa dicha acción. Cuando una acción se ejecuta, estos efectos generan cambios (añadidos, modificaciones y borrados de predicados) en la base de hecho (el estado actual del mundo) y el planificador se encarga de buscar la siguiente acción a ejecutar con dicho cambio.

Para cada dominio puede existir una cantidad incontable de problemas. Un problema es una instanciación del dominio, dónde se especifica cuál es el estado inicial y cuál es la meta por alcanzar. El objetivo final del planificador es encontrar la secuencia de acciones que nos permitan ir desde el estado inicial al estado final (metas).

Para mostrar el funcionamiento de la planificación automática, se va a mostrar un ejemplo simple del problema de las jarras de agua; este problema está definido por una bomba de agua que sirve para llenar jarras de agua para poder llenar vasos de agua de capacidad menor que las jarras. El estado inicial de este problema sería una bomba de agua con una capacidad elevada (En este problema lo definiremos como diez litros), una jarra con capacidad de dos litros, y tres vasos de capacidad de un litro, dónde la jarra y los vasos se encuentran vacíos y la bomba de agua llena. La meta que se quiere alcanzar es conseguir que los tres vasos se encuentren llenos.

En este dominio, las acciones disponibles serán: llenar jarra y llenar vaso. Dónde las precondiciones de 'llenar jarra' son: la jarra no tiene que encontrarse ya llena, es decir, los litros que vamos a llenar en la jarra no superan su capacidad, y los litros que posee la bomba en ese momento tienen que superar o igualar los que se van a llenar en la jarra. Y los efectos serán: modificar el contenido de la bomba (restarle los litros que hemos añadido en la jarra) y modificar el contenido de la jarra, es decir, aumentarle los

litros que hemos restado de la bomba. El caso es similar con la acción 'llenar vaso' pero modificaríamos el contenido de la jarra y de los vasos.

El objetivo del planificador es encontrar las acciones que den lugar a la meta. En este caso, la solución sería simple; suponemos que tenemos la bomba de agua 'A', la jarra 'J' y los vasos 'V1', 'V2' y 'V3'. El plan sería el siguiente: llenar jarra de 'J' de la bomba 'A', llenar vaso 'V1' con jarra 'J', llenar vaso 'V2' con jarra 'J', llenar jarra de 'J' de la bomba 'A' y llenar vaso 'V3' con jarra 'J'. Es importante recoger en cada acción los predicados que indicarían el estado del mundo, como por ejemplo qué capacidad poseen los recipientes en cada momento.

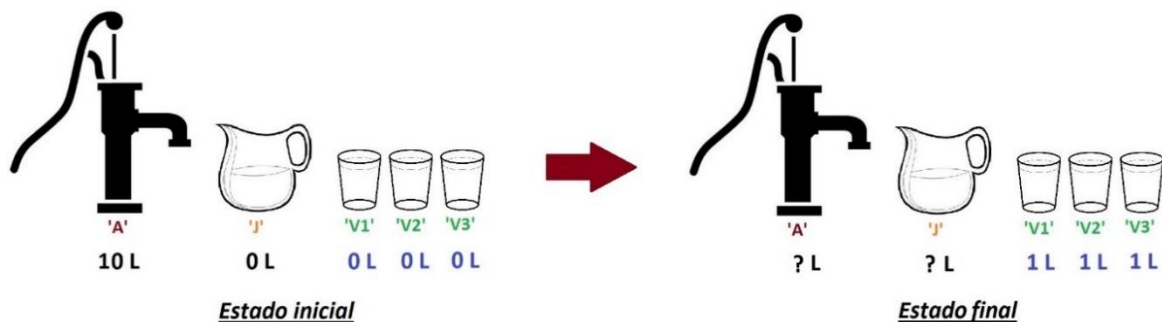


Ilustración 13 Ejemplo de las jarras

La motivación de la mayoría de autores es desarrollar estrategias y algoritmos de búsqueda para conseguir planificadores que sean capaces de resolver cualquier tipo de problema. En el momento en que se quiere generalizar, disminuye la capacidad de ajustar el comportamiento del planificador al problema que queremos resolver [64].

## 1.4. Plataforma robótica NAOTherapist

NAOTherapist es una arquitectura robótica cognitiva cuyo objetivo principal es desarrollar, ejecutar y supervisar sesiones de rehabilitación pediátrica de las extremidades superiores, debido a una alteración motora de sus miembros superiores, de forma autónoma a través de un robot social para pacientes infantiles con impedimentos físicos, normalmente causados por complicaciones durante el embarazo o la infancia. Basada en planificación y aprendizaje, está destinada al control del robot humanoide NAO [16] Las terapias están formadas por una serie de ejercicios adaptados a cada paciente con respecto a sus capacidades y su historial médico. NAOTherapist ha sido diseñada cómo una herramienta de soporte para el humano terapeuta, no como un reemplazo [51].

Desarrollada por la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) y el departamento Planning and Learning Group de la misma, en colaboración con la Universidad de Málaga, La Universidad de Extremadura y el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla. En este último se procedió a evaluar a pacientes infantiles con parálisis cerebral infantil (PCI) y parálisis del plexo braquial (PPB) con sesiones de rehabilitación motriz a través de actividades que le permiten jugar y mejorar simultáneamente.

Su objetivo principal es proporcionar suficiente autonomía a NAO para realizar sesiones de fisioterapia sin la necesidad de un teleoperador humano. Por lo que es necesario que el robot perciba el entorno para así poder reaccionar ante él de acuerdo con los objetivos de la sesión.

Cada terapia consiste en realizar un conjunto de movimientos de las articulaciones superiores que el paciente infantil tiene que imitar del robot NAO. Donde éste reaccionará de forma autónoma para comprobar la postura del paciente y activará automáticamente un mecanismo de correcto de pose si el paciente no se encuentra imitando correctamente la pose. NAO también se encargará de dar *feedback* al paciente a través de mecanismos de corrección (por ejemplo, la iluminación de los ojos, cuánto más verdes más se está acercando a la pose) para lograr que éste se sienta apoyado y animado en la terapia y no perder su concentración y motivación.

Con el fin de lograr una interacción fluida y un compromiso activo con los pacientes, el sistema es capaz de adaptarse por sí mismo de acuerdo con el entorno percibido. También ofrece una evaluación centrada en la interacción paciente-robot de la plataforma robótica [52].

## 1.4.1. Arquitectura de la plataforma

NAOTherapist representa el conocimiento a través del estándar Planning Domain Definition Language (PDDL). Se trata de un lenguaje declarativo con el que representar un problema que se desea resolver. Para el desarrollo de su arquitectura se basaron en el desarrollo de varios componentes del framework robótico de RoboComp [53] que permite el uso de su entorno de desarrollo y reutilización de control de componentes.

El diseñador de terapias crea la terapia y se la traduce en un problema de Hierarchical Task Network (HTN), que es un lenguaje de planificación jerárquica. Dicho lenguaje es soportado por el planificador JSHOP2 que es resuelve el problema de búsqueda encargado de planificar las sesiones de ejercicios.

Los módulos de la arquitectura se comunican a través de Zero<sup>1</sup> que utiliza conexión TCP/IP usando el Internet Communications Engine (Ice), que permite

---

<sup>1</sup> <https://zeroc.com/>

comunicarse independientemente del lenguaje en los que los componentes estén programados, ya que usan interfaces Ice compartidas.

También se estructura en base a dos componentes: WinKinectComp y PELEAComp. El primero se ejecuta sobre un ordenador con sistema operativo Windows y se encarga de controlar directamente el sensor Kinect 3D, sirve datos antropométricos del paciente para inferir información como la corrección de las poses. El segundo componente, se trata de una arquitectura Pelea (Planning, Execution and Learning Architecture) que integra planificación, monitorización, replanificación, ejecución y aprendizaje. Una arquitectura genérica independiente del paradigma de planificación y del robot utilizado. El módulo de visión recibe los datos de Winkinectcomp y los procesa. Pelea es la arquitectura de planning, replanning encargada de ofrecer la siguiente acción coherente con el estado del mundo. Y el ejecutivo es el que genera todo el flujo de ejecución. Llama a visión cuando requiere comparar alguna pose u obtener información del entorno y a pelea cuando requiere la siguiente acción a ejecutar. Por otro lado, NAOComp es el módulo que interpreta las acciones de bajo nivel enviadas por el ejecutivo y traducidas para que sean ejecutadas por el robot.

Está compuesto por una base conocimiento que posee toda la información de los pacientes, sus sesiones y un catálogo de ejercicios y posturas. El proceso de percepción crea un estado interno del mundo y el proceso de cognición de NAOTherapist tiene un diseño basado en tres niveles de planificación:

- ***Planificación de alto nivel:***

Comprende el módulo diseñador de la terapia que se ocupa de la tarea de planificar las sesiones que forman parte de la terapia a partir de los parámetros clínicos establecidos.

- ***Planificación de medio nivel:***

Realiza una traducción de la salida del diseñador de terapias en el módulo generador del problema para construir el problema PDDL a resolver en el nivel medio de la planificación. En la Ilustración 14 se muestra el componente, este está identificado dentro del módulo de Decision Support.

- ***Planificación de bajo nivel:***

La siguiente acción por ejecutar es recibida por el módulo ejecutivo de la arquitectura deliberativa PELEA. Éste realiza una traducción de nivel medio a instrucciones de bajo nivel del robot. En la Ilustración 14 se muestra como el componente Executive.

Una vez que la terapia está diseñada, se traduce a un problema asociado al dominio en PDDL (Planning Domain Definition Language). El sistema de apoyo a decisiones, PELEA, recibe este problema con la sesión configurada y junto con el dominio proporciona un plan de acciones válido. Ya que PELEA también se encarga de monitorizar el plan, se encarga de comparar el estado del mundo que recibe en el momento de ejecutar una nueva acción del plan con el estado interno esperado. Este



estado que recibe lo proporciona el ejecutivo que, a su vez, se lo proporciona el módulo de visión de la Kinect, que crea el estado actual del mundo a partir de la pose y la situación del paciente. En caso de un desajuste entre el estado esperado y el actual del mundo, un mecanismo de replanificación proporciona un nuevo plan que cumple con el nuevo estado percibido.

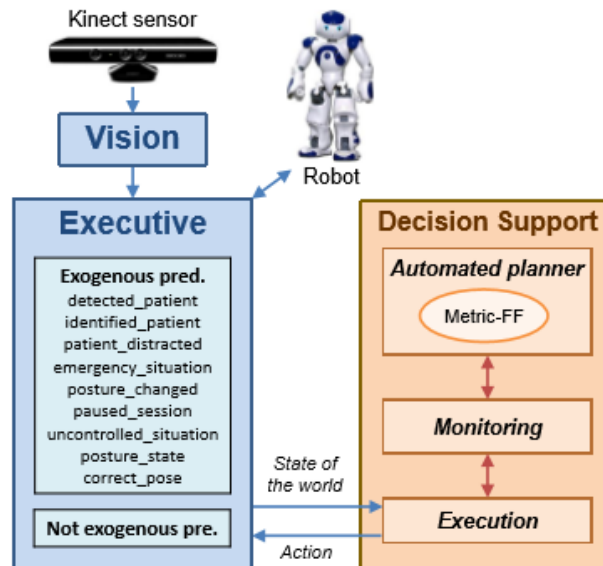


Ilustración 14 Arquitectura NAOTherapist [51]

## 1.4.2. Usos

El caso de uso comienza con el paciente entrando en la sala experimental y el sistema reconoce al paciente capturando sus características corporales, el robot lo saluda y el entrenamiento comienza.

Los ejercicios de entrenamiento consisten en una secuencia de poses. El robot NAO muestra una pose para que el paciente la imite y después comprueba que ambas son iguales. Si difieren, el sistema ejecuta un mecanismo de corrección, este consiste en que el robot le explique verbalmente el brazo o brazos incorrectos para que el paciente los corrija, si vuelve a fallar, el robot imita la postura detectada y le muestra cómo modificar sus brazos para conseguir lograr la postura que está mostrando NAO. Si el paciente volviera a fallar se pasa a la siguiente pose y se elimina, así hasta que termine todas las poses configuradas para el ejercicio. Una vez completados todos los ejercicios, el robot finaliza la sesión de rehabilitación.

Uno de los principales juegos, es el Simon adaptado con poses en lugar de colores, en el que el robot realiza varias poses en una fila y el usuario tiene que

memorizarlas y realizarlas para avanzar a rondas más largas. Los videos de demostración de la actividad se encuentran publicados en Youtube<sup>2</sup>.

En la Ilustración 15 se muestra el diagrama de flujo del juego del Simon: la persona se coloca en la posición inicial y se detecta a través del sensor Microsoft Kinect 3D que nos recoge la posición corporal del paciente, el robot comienza la actividad. La primera secuencia de acciones incluye sólo una pose, entonces la pose es realizada por la persona y se comprueba si es correcta. Si efectivamente lo es, el robot pasa a la siguiente secuencia, que contiene dos poses consecutivas (la primera es la pose ejecutada en la primera secuencia). El robot dará *feedback* al paciente a través de los ojos, cuánto más verdes estén significa que más se está acercando a la postura correcta, el ojo derecho está relacionado con el brazo derecho y el ojo izquierdo con el brazo izquierdo. Después se continúa con un número creciente de poses, añadiendo una nueva postura al final de la secuencia anterior seleccionada entre las posturas inicialmente declaradas. Sin embargo, si la persona no realiza una postura correctamente, el robot puede recordar las poses o saltar la pose según corresponda a la sesión [54].

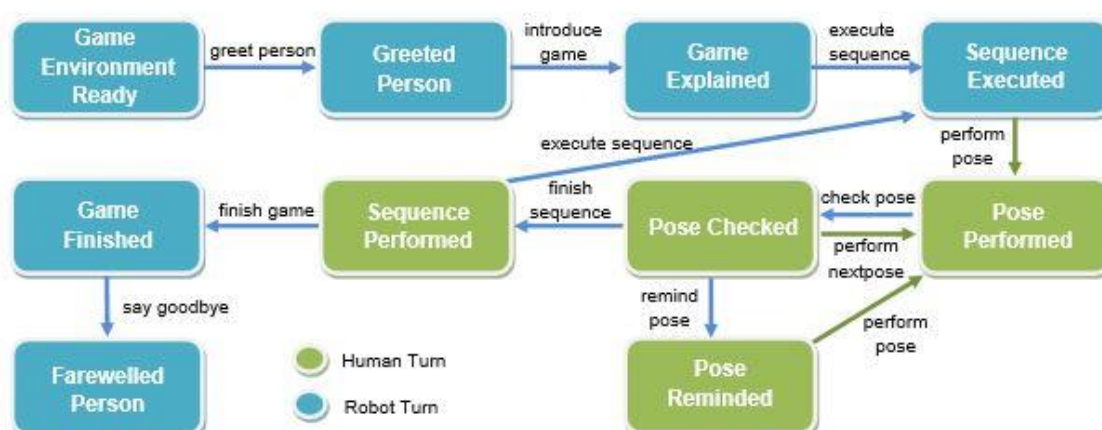


Ilustración 15 Juego del Simon

## 1.5. Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal que es capaz de crear procesos que pueden ser llevados a cabo por computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana. Está

<sup>2</sup> <https://youtu.be/75xb39Q8QEg>

<https://youtu.be/EIQ3kciZOIo>

formado por un conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones [55].

A continuación, se va a hablar de los lenguajes de programación que se va a utilizar para llevar a cabo este proyecto, estos son Python y PDDL.

## Python

Python es un lenguaje de programación interpretado, administrado por la Python Software Foundation con una licencia de código abierto, cuya prioridad es crear una sintaxis que favorezca un código legible. Es uno de los lenguajes de programación dinámicos más populares que existen. Es multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma [56].

Su inicio surgió a finales de los 80s principio de los 90s y su implementación comenzó en diciembre de 1992 por Guido Van Rossum, trabajador del CWI (Centrum Wiskunde & Informatica) [57].

Existen tres versiones principales: Versión 1.0, Versión 2.0 y Versión 3.0. Esta última es la más reciente. Fue diseñada para rectificar ciertos fallos fundamentales en el diseño del lenguaje. El principio que guía Python 3 es: "reducir la duplicación de características eliminando viejas formas de hacer las cosas (reduce feature duplication by removing old ways of doing things)" [58]. Hoy día Python ofrece cómo última la versión 3.4 que se lanzó el 16 de marzo de 2014.

## PDDL

El Planning Domain Definition Language (PDDL) es un lenguaje declarativo que sirve para modelar problemas de búsqueda. Concretamente, en planificación automática es de los más utilizados y cuyo objetivo era crear una estandarización de los lenguajes de planificación de la IA [59]. Fue desarrollado por Drew McDermott en 1998, y está basado, entre otros, en STRIPS y ADL, y es empleado como el lenguaje oficial de todas las ediciones de la International Planning Competition (IPC). PDDL ha ido evolucionando dando paso a varias versiones hasta la más moderna hoy en día, la PDDL 3.1. Estas son:

- **PDDL 1.2** [60]: fue el lenguaje oficial de las ediciones 1ª y 2ª de la IPC en los años 1998 y 2000 respectivamente. En estas ediciones, se separó el modelo del

problema de planificación en dos partes principales: la descripción del dominio y la descripción del problema relacionado.

- **PDDL 2.1** [61]:  
fue el lenguaje oficial de la tercera edición de la IPC en el año 2002. En él se introdujeron funciones numéricas, las métricas también se incluyeron y también se añadieron las acciones durativas.
- **PDDL 2.2** [62]:  
Lenguaje oficial en la cuarta edición de la IPC de 2004, incluyendo los predicados derivados y literales iniciales cronometrables.
- **PDDL 3.0** [61]:  
Lenguaje oficial en la quinta edición de la IPC de 2006, con la inclusión de restricciones de transición de estados y preferencias que generaban un nivel de relevancia en los objetos.
- **PDDL 3.1** [63] Lenguaje oficial en las sextas, séptimas y octavas ediciones de las IPC de 2008, 2011 y 2014 respectivamente. Introduce de forma novedosa las funciones objeto, utilizadas para dar la posibilidad de dar cualquier tipo de valor a las funciones.

## Metric- FF

Metric-FF es un planificador independiente del dominio, es una extensión del planificador FF (ADL combinado). Fue desarrollado por Joerg Hoffmann. El sistema está implementado en C. Ha participado en los dominios numéricos del III Concurso Internacional de Planificación, demostrando un desempeño muy competitivo y siendo el más usado en ésta.

Metric-FF trata con PDDL 2.1. Aparte de las características que aporta al ser una combinación de ADL también permite un número finito de variables numéricas de estado (funciones en los números racionales, aplicadas a tuplas de los objetos) [64].

## Capítulo 3

# Metodología de rehabilitación robótica en pacientes con TEA

En este capítulo se expondrá toda aquella información que se considera de relevancia en relación con el desarrollo de la metodología y que nos ha hecho llegar a definir el plan concreto de actividad. Para una mejor comprensión se ha dividido en cuatro subcapítulos. En el primero de ellos, se hablará de los posibles escenarios que se han creado a lo largo de la investigación, así como los desarrollos para llegar a cada uno de ellos y los diagramas de flujo asociados, si los hubiese. En el segundo subcapítulo se abordarán los requisitos que debe tener la actividad a desarrollar y las características funcionales. Y, por último, el tercer subcapítulo, que contendrá las restricciones de la actividad.

### 3.1. Análisis posibles escenarios

El análisis de posibles escenarios se ha dividido en cuatro fases, ya que se establecieron cuatro modelos hasta que se llegó al modelo final.

#### 3.1.1. Primera fase

La primera fase se separó en varias subfases como las mostradas en el flujo de la ilustración siguiente:

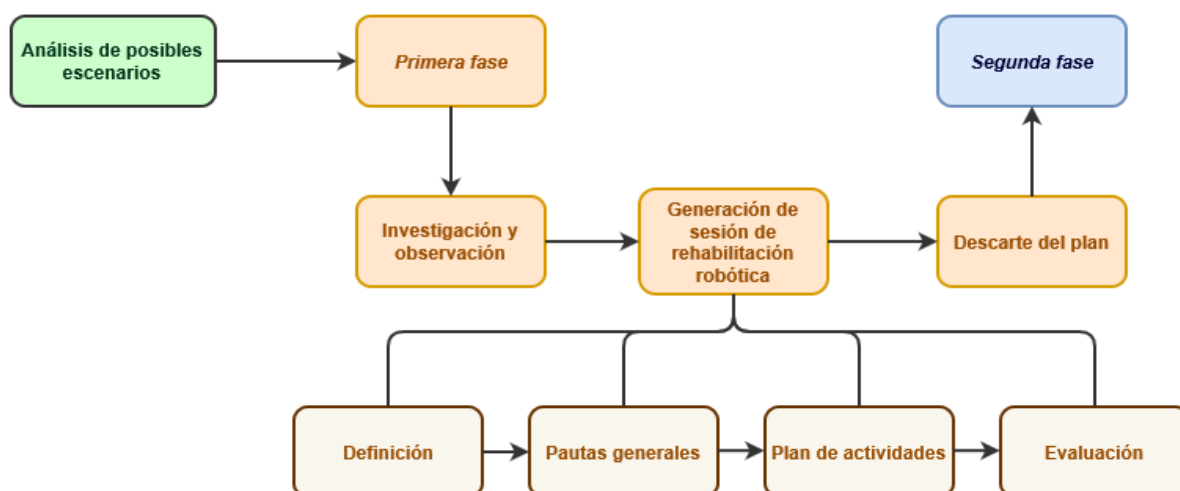


Ilustración 16 Subfases de la primera fase

## Investigación y observación

Para la primera aproximación de la creación de actividad para pacientes infantiles con TEA, se realizó una entrevista con una psicóloga infantil con el objetivo de detectar las necesidades y la metodología de rehabilitación de pacientes preescolares con TEA.

En esta entrevista se descubrió que los pacientes infantiles con TEA se comunican a través de pictogramas. A través de ellos reflejan sus necesidades y deseos, ya que la mayoría de pacientes con TEA en edades preescolares no expresan lenguaje alguno. Estos pacientes utilizan los pictogramas en todos sus ambientes, cómo son la escuela y en la propia vivienda. Existen muchos tipos de pictogramas de muchos tipos de autores, pero la psicóloga nos sugiere utilizar los de ARASAAC [65], ya que son un intento de unificar todos los tipos de pictogramas y agendas visuales para facilitar el aprendizaje a estos pacientes y que sean iguales independientemente del ambiente en el que el paciente infantil se encuentre. Los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC) son formas de expresión distintas al lenguaje hablado, que tienen como objetivo aumentar y/o compensar las dificultades de comunicación y lenguaje de muchas personas con discapacidad. Estos son utilizados en las terapias de rehabilitación de pacientes con TEA, entre otros, y son capaces de representar cualquier estado del mundo.

Otro de los puntos clave de esta entrevista fue detectar que el fundamento de la rehabilitación en pacientes con TEA en edades preescolares se basa en la imitación. Después de generar en ellos la capacidad de imitación se enseña la conducta social y lenguaje. Es decir, se pretende que estos pacientes infantiles generen lenguaje y

conducta por imitación, por lo que desarrollar esta capacidad perdida en pacientes con TEA es realmente importante. Por ejemplo, una de las actividades que genera mayor nivel de ansiedad en pacientes con TEA es cortarse el pelo en una peluquería, por lo que crean en su consulta un *storytelling* en el que el terapeuta a través de secuencias de pasos metódicos realiza la escena de entrada en una peluquería, corte de pelo y despedida de manera simple y divertida para que los pacientes pierdan el miedo a esa actividad concreta.

Otro de los problemas detectados y en los que se basan las terapias a esta edad en pacientes con TEA es la falta de atención al terapeuta y todas las personas que forman su entorno. Esta falta de atención hace imposible que el paciente pueda comenzar y terminar una actividad en el momento adecuado en el que el terapeuta lo solicite sino cuándo el paciente infantil considere e impide la creación de rutinas en el paciente infantil lo que es muy importante ya que los pacientes con TEA tienen necesidad de una vida metodológica.

La metodología de terapia en el gabinete de la psicóloga se basa en sesiones de entrenamiento, éstas dependen de cómo se vaya viendo el progreso del paciente, y una sesión de evaluación, dónde se comprueba si el paciente ha desarrollado la capacidad objetivo o, al menos, existe cierta mejoría en ella.

Para contrastar toda la información que proporcionó la psicóloga infantil se permitió la asistencia a una sesión de terapia con un paciente con TEA; el paciente de tres años de edad llevaba apenas un mes escolarizado. Poseía un nivel alto de TEA lo que hacía más fácil el seguimiento de la sesión. Se encontraba en su sexta sesión de terapia y uno de los familiares directos del paciente se encontraba también en la sesión, ya que la metodología del gabinete de psicología infantil también se centra en la educación de los familiares directos para la mejoría del paciente. En esta sesión, la terapeuta tenía como objetivos:

- Generar una actividad, es decir, llamar la atención del paciente lo suficiente para que éste mostrará interés en la actividad propuesta por la terapeuta e iniciara ésta con ella.
- Una vez generada la actividad, que el paciente sea capaz de enfocar su atención en la actividad.
- Poder pausar y continuar la actividad una vez iniciada sin perder la atención del paciente siempre que la terapeuta lo requiera.
- Petición de necesidades del paciente a través de pictogramas, es decir, que el paciente fuera capaz de mostrarle a la terapeuta el pictograma del deseo o necesidad que precisase.
- El paciente tiene que ser capaz de reconocer ciertas expresiones faciales ya entrenadas en sesiones anteriores, cómo son enfado y alegría.

Las actividades que se realizaron fueron muy simples: juegos con bloques, con aros deportivos y con dinosaurios (Ya que poseen unos intereses muy restringidos y este era uno de los del paciente por lo que se intentaba conseguir su atención a través de él).

Simular sueño y despertar, intentando que el paciente imitase a la terapeuta, y el despertar se produjese cuándo ella decidiese. Se mostró al paciente un alimento que le produjo deseo e intentó que éste le mostrase el pictograma relacionado con comida para que la terapeuta le proporcionase un fragmento de este alimento.

También se observó que la recompensa por la correcta realización de los ejercicios era felicitaciones efusivas al paciente, ya que éste respondía con alegría a ellas.

## Generación de sesión de rehabilitación robótica

### 3.1.1. Primera fase

#### Definición

Este plan de actividades está pensado para la realización de actividades interactivas entre el paciente con TEA (Trastorno Espectro Autista) [66] y el robot humanoide NAO (NAO Robot, creado por Aldebaran Robotics) [16]. El plan está pensado para realizarlo en cuatro sesiones, dónde se realiza siempre el mismo plan de actividades, que será adaptable según edad y fallos en las actividades, dónde se pretende comprobar la mejora en las sucesivas pruebas y la consciencia de corrección de los propios fallos en cada sesión.

Está dirigida a pacientes de entre tres y cinco años, pensado para proporcionar nuevas y más efectivas herramientas terapéuticas para mejorar las habilidades sociales, el lenguaje y el desarrollo sensorial y motriz del paciente a la vez que se realiza una evaluación de las mismas y así facilitar el trabajo del especialista.

Lo que hace esta propuesta diferente es, que para las actividades que requieran de pictogramas, éstos en vez de estar físicamente en láminas estarán en una aplicación adaptada a una Tablet, aunque la sesión estará dirigida, controlada y supervisada por el robot NAO, lo que permite su posterior mejora y reutilización. Después de conocer el estado de las familias de pacientes con TEA hemos visto que éstos tienen dificultades para llevar la agenda de pictogramas constantemente encima, por lo que esta aplicación podría ayudar futuramente a gestionar estos pictogramas e imágenes para facilitar su transporte. Consideramos importante que éstos estén procesados del proyecto ARASAAC, ya que son los más utilizados por los especialistas y colegios, para conseguir no aturdir al paciente y seguir la misma línea de trabajo.



Lo que caracteriza el plan de actividades y puede diferenciarlo, es que éste, empieza con un umbral mínimo de permisión de error que va aumentando según el paciente vaya equivocándose en las pruebas. Es decir, si se realiza una pregunta al paciente y tiene para elegir de entre seis pictogramas únicamente uno, y observamos que comete un error, intentaremos dirigir al paciente hacia la respuesta correcta a través de la eliminación de un pictograma o varios, o a través de gestos y sonidos, dependiendo de la actividad. También será capaz de identificar cuando el paciente no presta atención ninguna y será capaz de reclamar su atención o finalizar la sesión.

## Pautas generales

Para la realización de esta actividad será necesaria una habitación vacía y blanca dónde sólo se encuentren el paciente, el robot NAO, y la Tablet para evitar posibles distracciones. Al inicio de la actividad, NAO saludará al paciente. Si éste no responde, insistirá e intentará llamar su atención.

El plan de actividades está especializado en cada edad. Somos conscientes de que las actividades no deben tener la misma dificultad para un paciente de tres años de edad que de cinco, por lo que estas actividades estarán adaptadas inicialmente a la edad en concreto, que estará disponible en la base de datos de NAO.

Para mejorar la interacción con el robot NAO, el paciente deberá marcar y enseñar la respuesta correcta desde la Tablet situando ésta delante del robot. Le felicitará efusivamente si éste realiza correctamente la tarea. Por el contrario, si se equivoca, le animará con la misma fuerza para que consiga centrar su atención en la actividad y así finalizarla adecuadamente.

Así como el saludo inicial, NAO se despedirá al final de la actividad diciéndole que ha sido un juego muy divertido y que espera volver a ver.

## Plan de actividades

### Presentación

*Primer contacto:*

El robot saluda al paciente, poniéndose de pie, moviendo una mano y diciendo “¡Hola!”.

*Presentación:*

El robot le dice “Yo soy NAO” mientras se señala a sí mismo, y luego le pregunta al paciente “¿Y tú cómo te llamas? ¿Y cuántos años tienes?” “¿Quieres jugar conmigo?” Se mantiene en espera un intervalo de tiempo para dar al paciente un tiempo de respuesta y dice: “Genial, vamos a jugar”.

NAO registrará en su base de datos si ya ha efectuado una sesión con el paciente, en ese caso, la presentación será: “Yo soy NAO, ¿te acuerdas de mí?” mientras se señala a sí mismo, y luego le dice al paciente “¡Estoy muy feliz de que hayas vuelto a verme! ¿Quieres volver a jugar conmigo?, ¡Pues comencemos!”

## Desarrollando el lenguaje.

En esta sección las diferentes actividades están separadas en rango de edad. Por un lado, las de tres años y por otro lado las de cinco. Los pacientes de cuatro años deberán ser previamente evaluados para poder determinar su actividad, comenzando por actividades de tres años y si éstas se realizan correctamente, pasando a actividades de cinco que puedan mejorar sus conocimientos y no sólo evaluarlos.

### 1. “Particularidades”

Esta actividad consiste en las mejoras en las partículas interrogativas como son: qué, cuándo, dónde, quién, cuál, etc.

#### 3 años y 4 años:

El robot dice: “A hora jugaremos con las letras, ¿estás listo?”, “Vamos a mirar la tablet, ¿Cuál de todos es tu nombre? Pon el dedo encima”. El paciente debe seleccionar en la tableta el pictograma que contiene su nombre entre los objetos y así diferenciar entre éstos y las letras, y girar la Tablet para situarla delante de la cabeza de NAO para que éste pueda confirmar que es correcto o es erróneo.

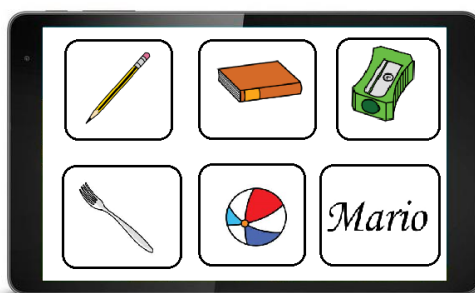


Ilustración 17 Tablet

Más preguntas para continuar con la actividad podrían ser:

“¿Quién es mamá?” (Pictogramas de una mujer, un hombre, un paciente, un bebé y una niña).

*“¿Cuándo vamos al cole?”* (Pictogramas de un sol y una luna)

*“¿Cuál es de color azul?”* (Pictogramas con varios objetos de colores que sean fácilmente distinguibles como son el azul, rojo, amarillo, verde y naranja)

*“¿Dónde come Mario?”* (Pictogramas con varios objetos como son mesa, cama, ducha y suelo)

## 5 años:

*“¿Qué pelota está encima de la mesa?”* (Pictogramas con una mesa y una pelota en diferentes lugares)

*“¿Cuál de todos los libros es el más pequeño?”* (Pictogramas con libros de varios tamaños)

*“¿Cuál de todos los objetos empieza por la letra... A?”* (Pictogramas con una abeja, una oveja, una silla, unas tijeras, etc.)

*“¿Qué paciente está subiendo las escaleras?”* (Pictogramas con un paciente subiendo y otro bajando).

AVANZADO: *“¿Qué paciente está subiendo las escaleras?”* (Pictogramas de un libro, un árbol y un lápiz).

## 2. “Cantatú”

### 3 años y 4 años:

Muchos pacientes con TEA experimentan una gran fascinación por los números, apoyándonos en esta afirmación y en que se encuentran en la edad adecuada para empezar a conocerlos, vamos a relacionar su fonema con su imagen a través de una canción.

El robot NAO dice: *“¡Ahora vamos a cantar una canción!”* y canta secuencia a secuencia una pequeña canción formada por los números: “1 2 3”. El paciente debe de repetirlas, y cuando las haya repetido añade más a la secuencia: “1 2 3 4 5 6”. Así hasta el número 10. Al final de la actividad le dirá: *“¡Eres todo un cantante enhorabuena!”* En la Tablet se mostrarán los pictogramas de los números que van apareciendo en la canción en orden.

### 5 años:

El robot NAO dice: *“¡Ahora vamos a cantar una canción!”* y canta secuencia a secuencia una pequeña canción formada por las vocales: “A A A”. El paciente debe de repetirlas, y cuando las haya repetido añade más a la secuencia: “A A A E A”. Así hasta un máximo de 3 secuencias, la siguiente será “A A A E A O”. Al final de la actividad le dirá: *“¡Eres todo un cantante enhorabuena!”* En la Tablet se mostrarán los pictogramas de cómo colocar el fonema de la vocal.

## Desarrollando comportamiento social.

Estas actividades están destinadas a la evaluación y mejora de conductas sociales y sentimentales. En los pacientes de tres años nos dedicaremos a identificarlas, mientras que los pacientes entre cuatro y cinco años deberán clasificar las que están hiladas a un comportamiento social correcto y a un erróneo.

### 1. “Yo también siento”

#### 3 años:

- El robot dice: *“Ahora vamos a jugar a las adivinanzas, ¿qué siente Pablo? (Si tuviese que dar una pista en actividades de este estilo, primero sería: “¡Te daré una pista!” (NAO levanta la mano, baja la cabeza y hace que llora). Habrá una imagen grande con un paciente llorando y abajo tres pictogramas de sentimientos dónde el paciente tiene que elegir la tristeza.*
- Se puede repetir la actividad con varios sentimientos como son alegría, enfado, vergüenza, dolor, etc.

#### 4 años y 5 años:

- El robot dice: *“Ahora vamos a intentar adivinar cuáles de estas imágenes están bien o mal.... A ver, a ver... Señala el tick verde si está bien o la cruz roja si está mal” (Si tuviese que dar una pista en actividades de este estilo, primero sería: “¡Te daré una pista!, quizá los pacientes tengan dolor después si se pegan y estarán tristes...”)*. Habrá una imagen grande con dos pacientes pegándose y un tick verde y una cruz roja debajo.

Esta actividad se podrá hacer para reconocer dos pacientes riéndose de igual modo, por ejemplo.

Otra actividad de este estilo podría ser:

- *“¡Oh oh! Creo que Marcos no puede coger la pelota, ¿qué es lo que está mejor?”*  
Y dos pictogramas, uno con un paciente llorando y dando pataletas porque no llega a la pelota y otro cogiendo la mano a su madre para que se la alcance ella.

### 2. “Mundituti”

Esta actividad está centrada en concreto en familiarizar al paciente con sonidos cotidianos.

### 3 años:

- El robot dice: “*Ahora vamos a ver cómo de bien conoces el mundo, ¿qué sonido es este? (Sonido de pájaro)*” y el paciente tiene que seleccionarlo en la tablet. Tendrá que reconocer sonidos de animales, como son el perro, el gato, el pájaro, el elefante, el caballo, etc.

Otra actividad que puede ayudar al paciente a identificar las onomatopeyas es:

- El robot dice: “¡Oh no!” y el paciente tiene que seleccionar en la Tablet a qué situación representa esta onomatopeya. Entre los pictogramas estará un jarrón roto, un paciente riéndose en el parque y un paciente bebiendo agua.
- De igual modo puede reconocer “¡shhhhhh!” y varios pictogramas, uno de un paciente durmiendo, otro jugando y otro corriendo.
- Podría reconocer también un ronquido y varios pictogramas, uno de un paciente durmiendo, otro jugando y otro corriendo.

\*La intención doble de esta actividad es que el paciente sea capaz de imitar al robot NAO a la vez que diferencia el animal que emite ese sonido.

### 4 años y 5 años:

Misma actividad anterior, pero tiene que reconocer otros sonidos como son:

- Tijeras. (Familiarizarlos con este sonido puede tratar la fobia asociada que suelen tener los pacientes con TEA.)

- Teléfono.

- Pacientes riéndose.

- Sirena del colegio.

- AVANZADO, identificar frases hechas:

- “¡Llueve a cántaros!” (Pictogramas del cielo lloviendo moderadamente, de un día de sol y de una tormenta fuerte con lluvia)

- ¡Está chupado!

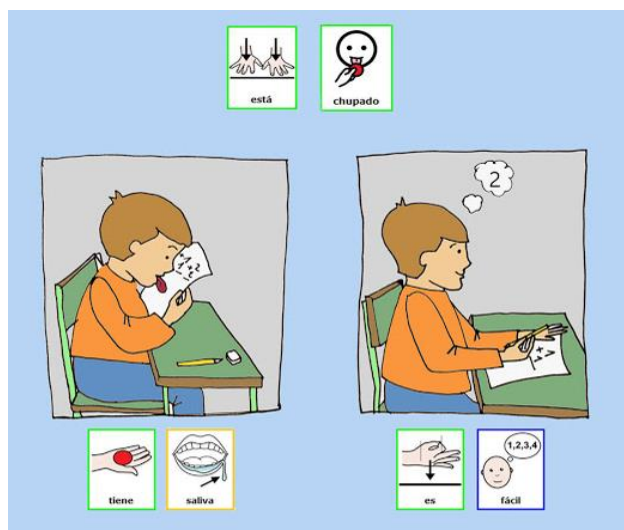


Ilustración 18 Reconocimiento pictogramas

## Desarrollándome sensorialmente y motrizmente.

Los pacientes con TEA a menudo tienen problemas de falta de equilibrio y falta de capacidad de imitación. Sobre todo, esta última es primordial a la hora de enseñar conductas sociales y lenguaje, ya que un método de aprendizaje muy eficaz es a través de la imitación del terapeuta, imitación en sonidos y en posturas corporales.

El rango de edades es apto para ambas actividades, por lo que en esta sección no haremos distinciones.

### 1. “El imitón”

El robot dice: “¡Oye! ¿Te gustan los superhéroes? ¡Porque a mí me encantan! ¡Mira soy Superman! ¿Lo haces conmigo?” (el robot hace la pose de Superman y realiza sonidos de vuelo mientras mueve los brazos) y el paciente tiene que imitarle.

### 2. “Las estatuas”

El robot dice: “¿Sabes qué? Con este movimiento me apetece bailar, ¿te apuntas?”. El robot empieza a bailar cuando suena la música y le anima a que haga los mismos pasos de baile, cuando se para la música, NAO se para y hace un sonido de silencio y espera que el paciente lo haga también. En la Tablet a la hora del silencio aparecerá un dedo delante de una boca mandando callar, esperando a que el paciente imite la postura y pronuncie la onomatopeya, de igual modo, cuando la música esté sonando aparecerá una nota musical.

## Relajación

Al final de la actividad motivaremos al paciente para que se relaje. El robot se sienta y le dice al paciente que respire hondo mientras sube las manos y las baja. A su vez, realiza los sonidos de inspiración y expiración para que el paciente le imite.

“Estoy tan relajado que me pica la cabeza... ¿Podrías rascarme?” Cuando el paciente toque la cabeza de NAO saldrán luces de colores. Este gesto nos ayudará a evaluar cuánto contacto sensorial está dispuesto el paciente a ofrecer.

## Despedida

NAO se despide del paciente: “Bueno, pues hemos terminado por hoy, espero verte pronto, ¡ha sido muy divertido jugar contigo!” y mueve la mano mientras le dice hasta pronto.

## Evaluación

Es muy relevante comentar la evaluación de estas actividades simultáneas al juego y mejora de las capacidades del paciente. Después de detectar que las características principales de un paciente con TEA son el déficit del lenguaje, las habilidades sociales y la incapacidad de imitación y la torpeza motriz, hemos diseñado el plan para poder evaluar en qué situación se encuentra el paciente y en qué se debe centrar el trabajo del terapeuta. Esta evaluación consistirá en: el paciente con TEA es capaz de realizar las actividades correspondientes a su edad, si éste ha mejorado con el paso de las sesiones y/o dónde sigue habiendo un déficit, por lo que debe centrarse el trabajo en ese punto. Si el paciente ha tenido que realizar actividades por debajo del umbral de su edad, cuántas pistas ha necesitado si es que las ha necesitado, cuántas veces éste ha mirado sonreído, o tocado al robot NAO, e incluso podrá obtener conclusiones breves a través de los resultados para poder estimar si el paciente pudiera tener un porcentaje de padecer síndrome de Asperger. El robot NAO después de cada sesión dará unos resultados al terapeuta y al final de todas las sesiones una conclusión final.

## Descarte del plan

Tras contrastar el plan con la psicóloga infantil que nos proporcionó la información inicial y los expertos en NAOTherapist del departamento PLG (Planning and Learning Group) de la Universidad Carlos III de Madrid, se encontraron ciertos requisitos, restricciones y dificultades terapéuticos y técnicos, que llevaron a descartar el plan y crear un subconjunto de él para continuar con el proyecto.

Entre las dificultades terapéuticas nos encontramos con:

- Separar a estos pacientes en edades de tres, cuatro y cinco años hace el plan de actividades muy complicado cuándo realmente el rango de tres años de edad en las edades comprendidas entre tres y cinco años en pacientes con TEA no difiere excesivamente en la terapia que se lleva a cabo. Lo que puede influir en la variación de la terapia es el grado y la subcategoría de TEA que el paciente infantil posea.
- Proponer una Tablet simultánea al plan generado por el robot NAO supone un estímulo demasiado fuerte para el paciente infantil con TEA, lo que puede llegar a saturarlo y perder su atención. Son pacientes con una capacidad limitada de centrar la atención en una actividad concreta y si dividimos esta atención en dos objetos tecnológicos simultáneamente, cómo son el robot NAO y la Tablet, seguramente conseguiremos que el paciente se pierda en la sesión por no ser capaz de llevar la atención de la instrucción vocal por parte de NAO y la visual por parte de la Tablet con pictogramas.

Por otro lado, entre las dificultades técnicas, la que mayor resistencia al plan de actividades ofrece es la de reconocimiento de voz. El robot NAO actualmente posee un software de reconocimiento de voz en el idioma español, pero todo sistema de reconocimiento de voz está sujeto a errores y puede llevar a fallos lingüísticos, por lo que, para evitar este tipo de confusiones, es preferible no utilizar reconocimiento de voz en ninguna actividad. Por otro lado, la parte de la evaluación no era posible comprobarse de manera eficiente, puede comprobarse que el paciente esté prestando atención, pero no es suficiente para crear una evaluación de la magnitud mencionada en el plan de actividades para poder extraer las conclusiones objetivo.



### 3.1.2. Segunda fase

Para el desarrollo del nuevo plan de actividades se tomó la parte válida del plan anterior y se añadió una nueva actividad. Se mantuvo la fase de saludo y bienvenida, así como la relajación y la despedida, pero se modificaron las actividades principales y el plan de evaluación, que quedó bastante más reducido.

Estará compuesto por cuatro actividades principales: ‘Simon dice’, ya implementada en la plataforma NAOTherapist [5], actividad de reconocimiento de pictogramas con tecnología de códigos QR (Quick Response code) [67], un *storytelling* centrado en gesticulación y expresión de emociones y, por último, ‘BodyTouch’, una actividad centrada en la interacción táctil entre el robot NAO y el paciente.

El nuevo plan de actividades se basa en la observación inicial de la fase anterior, la definición y en las pautas generales de la actividad teniendo en cuenta algunos matices: las actividades ya no se encontrarán separadas por rango de edades ni centradas en una edad concreta, aunque seguirá siendo una rehabilitación pediátrica. Y para la definición de la evaluación sólo aportaremos el porcentaje de veces que el paciente ha estado atento al robot NAO y por tanto centrado en la actividad, así como la cantidad de poses que ha reconocido adecuadamente y los pictogramas correctos que ha mostrado.

Las subfases que componen este apartado se muestran en la siguiente ilustración:



Ilustración 19 Subfases de la segunda fase

## Plan de actividades

A continuación, se va a dar una breve explicación de las actividades propuestas para el nuevo plan.

### Simon dice

Actividad ya desarrollada por NAOTherapist y descrita en el estado del arte en el apartado Usos.

Aunque ya se encuentre desarrollada se va a incluir en este plan de actividades, ya que cómo hemos comentado anteriormente, es muy relevante la capacidad de imitación en un paciente con TEA y esta actividad permite la imitación y a su vez una mejora de la capacidad memorística.

### Reconocimiento de códigos QR

Esta actividad se describe igual que las de reconocimiento de pictogramas en el plan de actividades anterior, tanto las de reconocimiento de emociones como las de desarrollo de capacidad social, con la única diferencia de que en este caso se ha suprimido el elemento tecnológico adicional, la Tablet, y se encuentran los pictogramas en papel delante del paciente.

Estos pictogramas contendrán códigos QR reconocibles por la arquitectura NAOTherapist. NAO incitará al paciente a mostrar un pictograma con un objeto o una situación concreta de entre todos los que tiene delante. El paciente le enseñará el pictograma por el cual ha preguntado NAO y éste a través de un código QR evaluará si lo ha realizado correctamente y sino intentará ayudarle a darle la respuesta correcta dándole pistas sobre el color o la forma.

### Storytelling

En el Storytelling, NAO contará una historia relacionada con uno de los intereses más comunes en pacientes con TEA. Según un estudio publicado por la US National Library of Medicine National Institutes of Health [68], estos son: trenes, vehículos, aviones, bloques, artículos electrónicos domésticos, equipos informáticos, señales de tráfico y equipación deportiva. La historia contendrá elementos de estos intereses, pero se pondrá un especial hincapié en la gesticulación y en la expresión de emociones. También se hará especial elusión a las onomatopeyas como: '¡Oh! ¡No!' para expresar sorpresa, o: '¡Oh oh!' para expresar una equivocación. (Estas onomatopeyas fueron

extraídas de la entrevista inicial con la psicóloga infantil caracterizadas como importantes para la correcta expresión de un paciente infantil con TEA).

## BodyTouch

En esta actividad NAO le hará una petición al paciente para que le toque alguno de sus sensores. Estos se dividen en dos módulos; el primero de ellos se centra en la diferenciación de la parte derecha del cuerpo y de la parte izquierda: mano derecha, mano izquierda, pie derecho o pie izquierdo. Y el segundo módulo en las partes del cuerpo: la cabeza, una de las manos o uno de los pies.

Las cuestiones serán del tipo de:

- Tócame la mano izquierda.

En esta actividad se debe tener especial cuidado y paciencia con el paciente, ya que el contacto físico es bastante complicado para pacientes con TEA, por lo que se debe animar, felicitar y ayudar al paciente a realizar la actividad.

Para el desarrollo de estas actividades, como el juego de 'Simon dice' o la actividad 'BodyTouch' no debemos tener tan en cuenta que el paciente realice correctamente ambas actividades sin equivocarse en las peticiones, por ejemplo, que realmente le pidamos que nos toque la mano derecha y toque exactamente la derecha, sino en generar el deseo de actividad en el paciente, por lo que el umbral de permisión debe ser muy bajo.

## Diagrama de flujo

También, debemos añadir la presentación y la despedida, propuestas en el plan anterior y válidas. NAO se encuentra en la sala y el paciente entrará en ella. Por lo que, un ejemplo de ejecución sería:

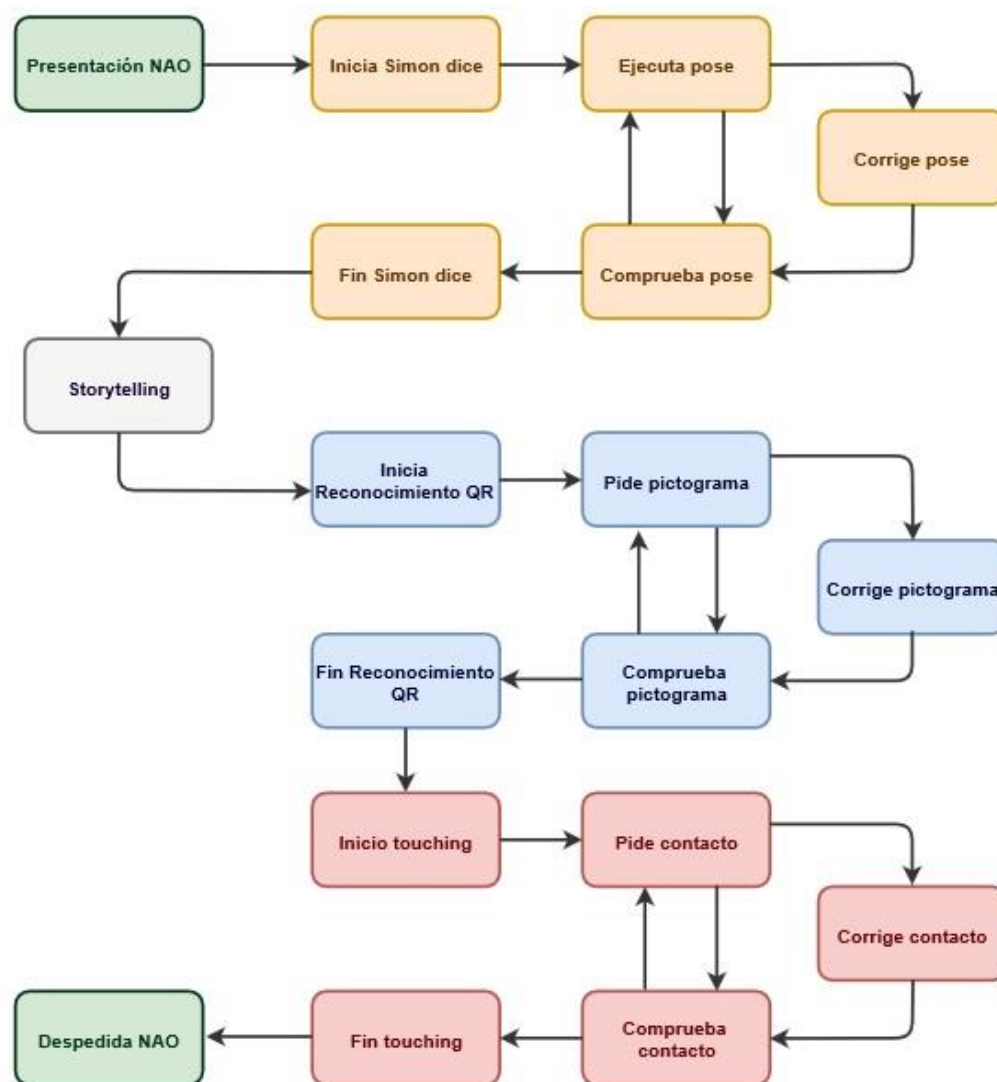


Ilustración 20 Diagrama de flujo plan actividades fase 2

## Descarte del plan

El nuevo plan de actividades fue contrastado con una psicóloga infantil de un centro de Madrid. Que, tras observar el flujo de la sesión, sugirió la supresión de la actividad de reconocimiento QR, ya que, aunque eliminada la Tablet del plan de actividades, tener los pictogramas con el robot NAO delante sigue siendo una sobrecitación para el paciente, y es mejor enfocar toda la sesión a la interacción del paciente con el robot. Por otro lado, también suponía un impedimento tecnológico ya que habría que diseñar los códigos QR asociados a los pictogramas a su vez en la base de datos de NAOTherapist.

De igual modo, el *storytelling* es una actividad demasiado compleja para alargar el proceso de comprensión de un paciente infantil preescolar con TEA, y es muy

probable que no fuera capaz de prestar atención durante una historia seguida, por lo que también se suprimió del plan.

### 3.1.3. Tercera fase

Las subfases que contendrá este apartado vienen definidas en el siguiente diagrama:

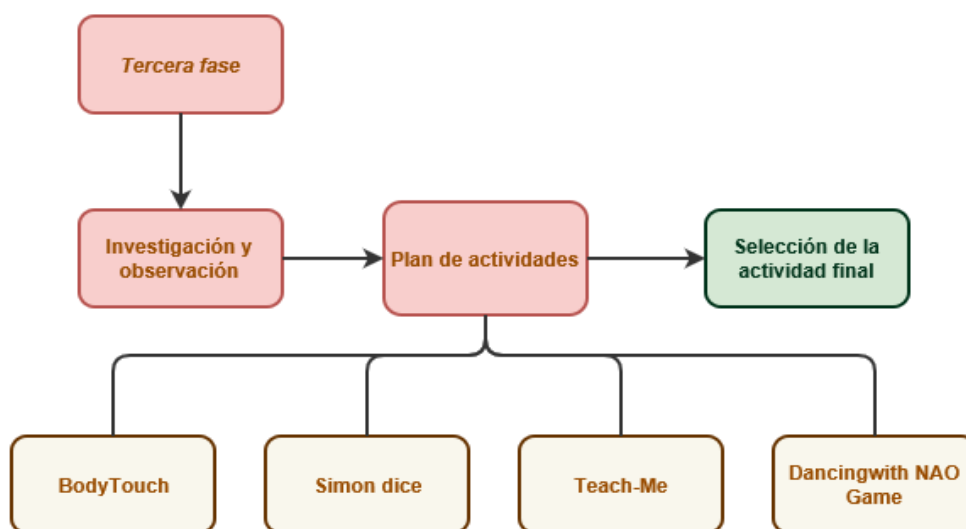


Ilustración 21 Diagrama de subfases de la fase tres

## Investigación y observación

Cómo se ha mencionado en el apartado anterior el plan de actividades fue modificado por una psicóloga infantil de un gabinete de Madrid. Proporcionó más información para poder generar un plan de actividades nuevo; los intentos por actividad debían reducirse a dos intentos, tres suponían demasiado para un paciente con TEA ya que lo que buscamos es la interacción no la perfección de seguimiento del plan.

Las características que debía poseer el nuevo plan de actividades para mejorar la terapia con el paciente con TEA eran:

- Instrucciones cortas y concisas, para evitar que el paciente divague.
- Gesto con los brazos cruzados para marcar el fin de una actividad acompañado de una instrucción vocal que indicase: 'Fin'.
- Agenda visual siempre visible, que indique por pasos cómo va a ser la sesión a través de fotografías.

Aportó, a su vez, dos breves módulos que pueden contener las actividades. Los pacientes infantiles con TEA suelen sufrir un déficit de seguimiento de señalización, no son capaces de comprender cuándo alguien señala con el dedo índice un objeto a qué distancia están señalando y más aún si no va acompañado de una instrucción vocal.

Por otro lado, la capacidad personal de asunción de fallo también la tienen poco desarrollada. Les supone un gran esfuerzo asumir la no perfección del mundo y es una capacidad personal por desarrollar y mejorar con este tipo de pacientes.

Debido a que a este tipo de pacientes les presupone un gran esfuerzo también mantenerse sin movimiento en un punto concreto, la psicóloga propuso un mecanismo de control del espacio delimitando con una cinta adhesiva la zona dónde se realizará la rehabilitación para evitar que el paciente se esparza por el espacio y pierda la atención.

## Plan de actividades

A través de las pautas proporcionadas por la psicóloga, se procedió a la creación de un plan de actividades nuevo, obteniendo de cada uno de los anteriores las mejores actividades y realizando una modificación de éstas, así como añadiendo nuevas actividades.

Este plan consta de tres actividades más un breve módulo de coorientación. Estas actividades son: 'BodyTouch' descrito en la Segunda fase. La segunda actividad se divide en dos partes: 'Simon dice' descrito en el punto anterior (Segunda fase), y 'TEACH-ME'. Esta última está centrada en que el paciente le muestre una pose de un catálogo de poses, que estará visible en todo momento para el paciente, y NAO debe imitarla. La tercera actividad 'Dancing with NAO Game', consiste en una actividad en la que NAO enseña a bailar al paciente, para ello primero le enseña paso a paso la coreografía y después la baila completa con el paciente. Por último, el módulo de coorientación que se encontrará entre medias de la primera y la segunda actividad, y se basará en que NAO señale un objeto y comprobar que el paciente ha mirado ese objeto.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** mostramos el diagrama de flujo del plan de actividades propuesto:

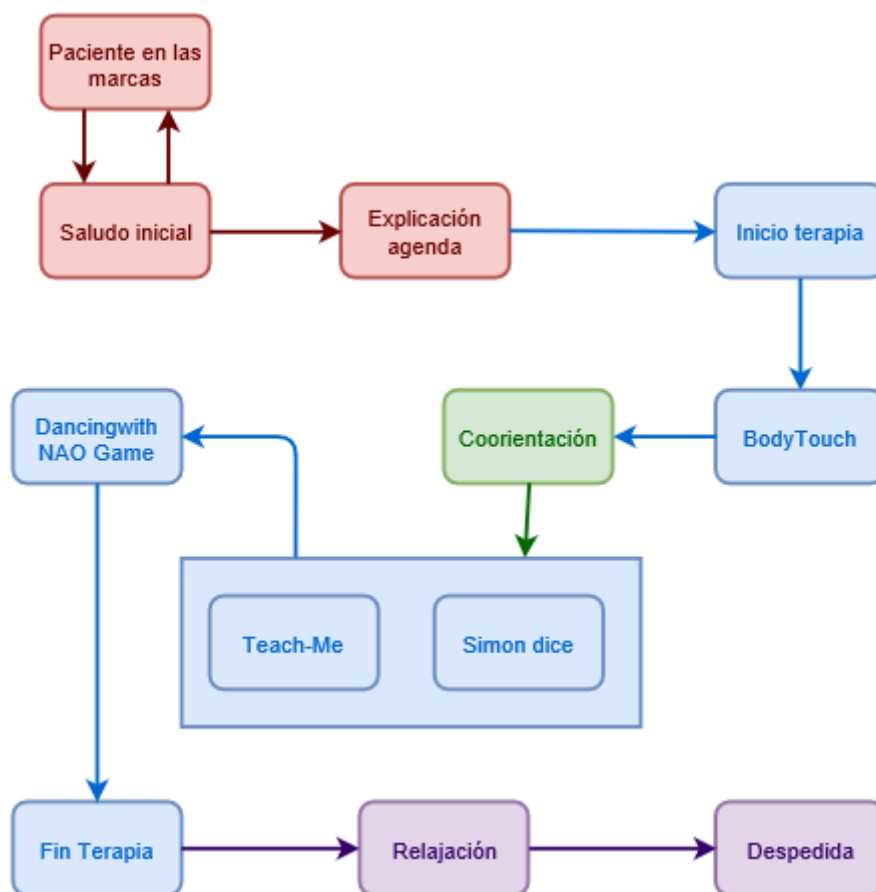


Ilustración 22 Diagrama de flujo plan actividades fase 2

## TEACH-ME

La actividad TEACH-ME implica un cambio del flujo normal de la sesión, en el cual el paciente se convierte en el terapeuta y muestra una serie de poses al robot NAO, de un catálogo de poses que tendrá visible, que éste debe imitar. El paciente trabaja en mayor medida la función ejecutiva de la planificación de los movimientos al verse obligado a tener que llevar la iniciativa.

Las posibles poses que el paciente puede enseñar se definen en un catálogo. Este catálogo está disponible para ambos, el paciente y el terapeuta para que puedan seleccionar qué plantean para enseñar. En primer lugar, el robot le pide al paciente que le enseñe a realizar una nueva pose, que se supone que es desconocida para el robot. Una vez que el paciente realiza la nueva pose, la sostiene durante unos segundos, el robot identifica esa postura y la imita. Con el fin de mejorar la capacidad personal de fallo en los pacientes con TEA, se introduce un componente aleatorio para simular que el robot falla de alguna manera al imitar la pose y demostrarle que no es un problema grave este fallo. En caso de que la pose del robot sea incorrecta, se da cuenta de su

error. Luego, le pide al paciente que le recuerde de nuevo la postura correcta, para intentar hacerlo correctamente otra vez.

## Dancing with NAO Game

Esta actividad es muy similar al ejercicio de 'Simon dice', pero centrada en la danza. El flujo de ejecución es: El robot primero le dice al paciente que va a enseñarle un baile. Luego, reproduce la coreografía del baile completamente. Después, el robot enseña el baile al paciente paso a paso. Cuando todas las diferentes poses pertenecientes a la coreografía de baile se han completado y el paciente lo ha aprendido, el robot le pide al paciente que bailen juntos.

### 3.2. Análisis del sistema

En este apartado se presenta una descripción estructurada de las funcionalidades que ofrece el sistema, así como las restricciones y requisitos para su correcto funcionamiento y para lograr los objetivos estipulados al inicio del documento Objetivos. Para ello, se opta por mencionar la especificación de requisitos, tanto funcionales como no funcionales, el entorno operacional para su desarrollo y también la modelización de los casos de uso. Este trabajo se centrará en el desarrollo completo de la actividad TEACH-ME (Segunda fase) descrita en el apartado anterior por lo que basaremos los casos de uso y los requisitos y restricciones en función de esta actividad.

#### 3.2.1. Descripción de las características funcionales

El sistema que se va a desarrollar tiene que a grandes rasgos poseer las características funcionales que se mencionan a continuación. Estas representan el comportamiento del sistema y son las siguientes:

- Generar una actividad de terapia de rehabilitación en pacientes con TEA.
- Guiar una actividad de rehabilitación en pacientes con TEA de manera autónoma.
- Reconocer la pose que está realizando el paciente dentro de la actividad.



- Dar una respuesta ante situaciones imprevistas dentro del plan de terapia.
- Permitir la configuración de los parámetros de la actividad para adecuarlos al paciente.
- Proporcionar un porcentaje de error en la realización de las poses al finalizar la actividad.
- Generación de problemas PDDL que, junto con el dominio que representa el conocimiento del mundo, obtengan un plan de acciones al ejecutarse en un planificador.
- Replanificar el plan de acciones inicial si ocurre una situación inesperada.
- Tener mecanismos de corrección, traducidos en acciones del dominio PDDL, para conseguir que el paciente vuelva al estado deseado si ocurre una situación caracterizada como imprevista dentro del plan.
- Tiene que permitir realizar al paciente una serie de intentos de pose.
- Pasar la pose si el paciente ha superado el número de intentos configurado para la actividad.
- Finalizar la sesión anticipadamente si así se requiere en la situación en ese momento del paciente.

## 3.2.2. Restricciones del sistema

En este apartado se marcan los criterios verificables del sistema mediante requisitos no funcionales. Se detallan, también, las restricciones del sistema estipuladas por el software y el hardware.

En cuanto al software:

- El lenguaje de programación marcado tiene que ser Python, concretamente, la versión 2.7.
- El sistema operativo en el que se centrará el sistema será una distribución de Linux, concretamente una imagen de Ubuntu 16.04.03 [<https://www.ubuntu.com/>].
- La arquitectura NAOTherapist tiene que encontrarse instalada en el sistema operativo.
- El planificador Metric-FF también tiene que encontrarse disponible en el sistema.
- Para la simulación del plan de actividades es necesario el software Choreographe asociado a NAO.

La mayoría de restricciones software no han supuesto un mayor problema que eran de código abierto. Sin embargo, para la instalación de la arquitectura NAOTherapist ha sido necesaria la ayuda y aportación del código de parte de los expertos de NAOTherapist del grupo PLG (Planning and Learning Group) de la Universidad Carlos III.

En cuanto al hardware:

- Disponer físicamente del robot NAO.
- Tener en disposición el sensor Kinect 3D versión 2.
- Necesidad de dos ordenadores; uno para la realización del plan y otro para poder conectarse al módulo de visión del sensor Kinect. Este ordenador es específico de la arquitectura NAOTherapist ya que es el único disponible que tiene instalado el módulo de visión.
- Una red wifi a través de la cual se comunicarán las varias partes de la arquitectura NAOTherapist y el ordenador que genera el plan de acciones.
- El ordenador en el cuál se genera el plan debe precisar de una capacidad media de cálculo para computar todas las posibles combinaciones de acciones del dominio para generar el plan y realizar búsqueda en este plan de manera eficiente y eficaz. Ya que en muchos casos se basará en replanificación y debe poder realizarla de forma veloz para no perder al paciente.

### 3.2.3. Especificación de casos de uso

En este apartado se va a exponer los casos de uso, su definición de actores, así como los diagramas y tablas que los representan.

## Definición de los actores

Un actor representa un usuario o cualquier otro sistema externo que interactúa con el sistema. Para el desarrollo de este trabajo se utilizarán dos actores; el rol de usuario, ya que, aunque se encuentre destinada específicamente a pacientes infantiles con TEA, cualquier usuario puede utilizar el sistema con las mismas funcionalidades disponibles. Y el rol de desarrollador, que será el encargado de crear el sistema.

## Definición de los atributos del caso de uso

Para la definición tabular de los diferentes casos de uso, se han seleccionado una serie de atributos que describen detalladamente los mismos. En este apartado, se va a concretar cuál es el significado de estos atributos y cómo será el formato de tabla descrito en la Tabla 4 Caso de uso.

- **Código:** Referencia del caso de uso nombrado.

- Su nomenclatura será: CU-XX, dónde XX representará un valor numérico de entre 00 a 10.
- **Título:** Forma de referirse al caso de uso.
- **Actor:** Qué rol tiene el actor que demanda la funcionalidad del caso de uso.
- **Descripción:** Cómo se centra el caso de uso.
- **Precondiciones:** Requisitos previos para poder darse el caso de uso.
- **Efectos:** Causalidad de la funcionalidad del caso de uso.

Dónde todos los campos, a excepción del código que mantendrá la nomenclatura nombrada, serán rellenables por caracteres textuales alfanuméricos.

Caso de uso	
<i>Código: CU-XX</i>	
<b>Título:</b>	Texto
<b>Actor:</b>	Texto
<b>Descripción:</b>	Texto
<b>Precondiciones:</b>	Texto
<b>Efectos:</b>	Texto

Tabla 4 Caso de uso

## Definición de los casos de uso

En este apartado se va a proceder a mostrar los diferentes casos de uso analizados durante el trabajo. Primero se mostrará un diagrama en la Ilustración 23 Diagrama caso de uso con los actores del sistema, así como sus interacciones con este, y posteriormente, se mostrarán una tabla por cada caso de uso detectado utilizando el sistema de tableado anterior Tabla 4 Caso de uso.

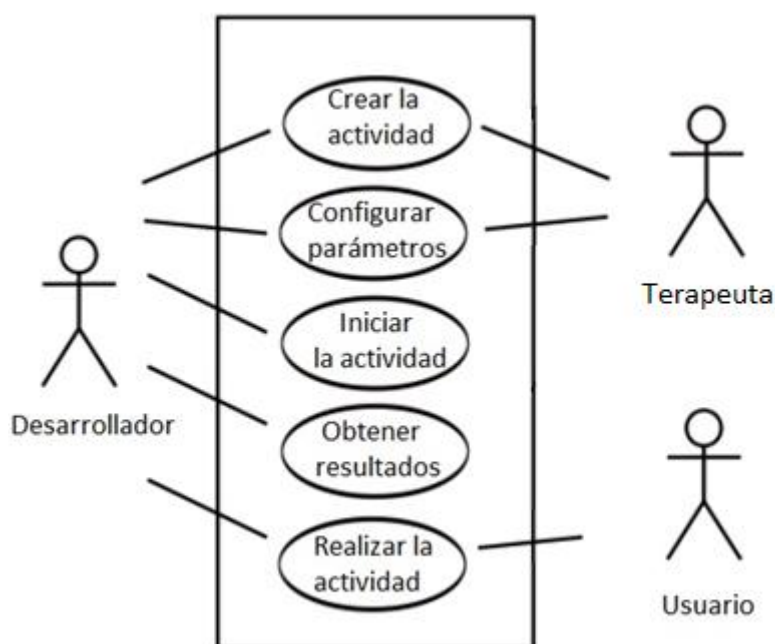


Ilustración 23 Diagrama caso de uso

Ya que, cómo hemos nombrado anteriormente, el sistema puede ser utilizado por todo tipo de usuarios, a su vez, el desarrollador también puede realizar la actividad, aunque no esté destinado inicialmente para ello.

Caso de uso	
<b>Código: CU-00</b>	
<b>Título:</b>	<i>Crear la actividad.</i>
<b>Actor:</b>	Desarrollador y terapeuta.
<b>Descripción:</b>	El desarrollador crea una nueva actividad (problema en PDDL) asociado a la actividad principal (dominio).
<b>Precondiciones:</b>	La actividad (problema en PDDL) no tiene que encontrarse ya creada para ese dominio.
<b>Efectos:</b>	La actividad (problema en PDDL) se crea y se podrá utilizar.

Tabla 5 CU-00

Caso de uso	
<b>Código: CU-01</b>	
<b>Título:</b>	<i>Configurar la actividad.</i>
<b>Actor:</b>	Desarrollador y terapeuta.
<b>Descripción:</b>	El desarrollador configura los parámetros para definir cómo avanzará la actividad (problema en PDDL) asociado a la actividad principal (dominio).
<b>Precondiciones:</b>	La actividad (problema en PDDL) tiene que encontrarse ya creada para ese dominio.
<b>Efectos:</b>	La actividad (problema en PDDL) se configura y está lista para iniciarse.

Tabla 6 CU-01

Caso de uso	
<b>Código: CU-02</b>	
<b>Título:</b>	<i>Iniciar la actividad.</i>
<b>Actor:</b>	Desarrollador.
<b>Descripción:</b>	El desarrollador dará lugar a iniciar la actividad (problema en PDDL) asociado a la actividad principal (dominio).
<b>Precondiciones:</b>	La actividad (problema en PDDL) tiene que encontrarse ya creada para ese dominio y configurada.
<b>Efectos:</b>	La actividad (problema en PDDL) se inicia.

Tabla 7 CU-02

Caso de uso	
<b>Código: CU-03</b>	
<b>Título:</b>	<i>Obtener resultados.</i>
<b>Actor:</b>	Desarrollador.
<b>Descripción:</b>	El desarrollador obtendrá los resultados de generación de la actividad (problema en PDDL) asociado a la actividad principal (dominio).
<b>Precondiciones:</b>	La actividad (problema en PDDL) tiene que haber terminado la ejecución.
<b>Efectos:</b>	Se muestran los resultados por pantalla.

Tabla 8 CU-03

Caso de uso	
<b>Código: CU-04</b>	
<b>Título:</b>	<i>Realizar actividad.</i>
<b>Actor:</b>	Usuario*
<b>Descripción:</b>	El usuario interactuará en la actividad (problema en PDDL) asociado a la actividad principal (dominio).
<b>Precondiciones:</b>	La actividad (problema en PDDL) tiene que haber sido creada, configurada e iniciada.
<b>Efectos:</b>	La actividad (problema en PDDL) termina la ejecución.

Tabla 9 CU-04

\*Dentro de este usuario también se contempla al desarrollador, ya que si utiliza el sistema pasa de ser desarrollador a ser usuario.

### 3.2.4. Requisitos del sistema

En este apartado se va a realizar una descripción de los atributos que contendrán las tablas que definirán los requisitos del sistema. Y a continuación, se pasará a la definición de los mismos a través de la tabla, divididos entre funcionales y no funcionales.

## Definición de los atributos de los requisitos del sistema

En este apartado se va a especificar la descripción textual detallada de los requisitos que se ha identificado que posee el sistema. Para la definición tabular de los diferentes requisitos, se han seleccionado una serie de atributos que describen detalladamente los mismos. En este apartado, se va a concretar cuál es el significado de estos atributos y cómo será el formato de tabla descrito en la Tabla 10 Requisitos del sistema.

- **Código:** Referencia del requisito nombrado. Los requisitos estarán divididos en funcionales y no funcionales y sus correspondientes nomenclaturas serán: RF-XX para la representación de requisitos funcionales, y RNF-XX para los requisitos no funcionales, donde XX en ambos casos representará un valor numérico de entre 00 a 10.
- **Título:** Forma de referirse al requisito.

- **Descripción:** Explicación breve de la funcionalidad o restricción que concreta el requisito.
- **Caso:** Define el caso de uso al que ha sido asociado el requisito, si que es que lo tiene. Su nomenclatura será: CU-XX, dónde XX representará un valor numérico de entre 00 a 10. Este campo también puede estar representado por un guion '-' que significará que no se encuentra relacionado con ningún caso de uso.
- **Prioridad:** Relacionada con la necesidad de urgencia del requisito e influirá en el orden de desarrollo del sistema. Los valores posibles que puede tomar son los siguientes:
  - *Alta:* El requisito tiene que ser implementado al inicio del trabajo.
  - *Media:* A implementar a continuación de los requisitos con prioridad alta.
  - *Baja:* El requisito debe ser implementado al final del trabajo y no influirán en el correcto funcionamiento del sistema.
- **Estabilidad:** Define la estabilidad del requisito para el sistema, es decir, si es estable, tiene que ser invariante a lo largo del desarrollo.
  - *Estable:* No puede variar a lo largo del desarrollo del sistema.
  - *Inestable:* Puede variar a lo largo del desarrollo del sistema.
- **Verificabilidad:** Cuán verificable es el requisito al finalizar el ciclo de desarrollo. Los valores posibles que puede tomar este requisito son:
  - *Verificable:* Si es fácilmente de verificar su funcionalidad.
  - *No verificable:* Si es difuso de verificar o imposible de ello.

Requisito del sistema			
Código: RF-XX / RNF-XX			
<b>Título:</b>	Texto*		
<b>Descripción:</b>	Texto*		
<b>Caso:</b>	CU-XX / '-'		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 10 Requisitos del sistema

\*Dónde todos los campos de texto serán rellenables por caracteres textuales alfanuméricos.

## Definición de los requisitos del sistema

El sistema se desarrollará cumpliendo una serie de requisitos funcionales (RF) y no funcionales (RNF). A continuación, se presentan los mismos con el formato de tabla anteriormente expuesto en la Tabla 10 Requisitos del sistema.

### Requisitos funcionales

En este apartado se van a mostrar los requisitos funcionales del sistema.

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-00</i>			
<b>Título:</b>	Creación de problema.		
<b>Descripción:</b>	Creación de problema en PDDL asociado al dominio que representa el conocimiento de la actividad.		
<b>Caso:</b>	CU-00		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 11 RF-00

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-01</i>			
<b>Título:</b>	Meta única.		
<b>Descripción:</b>	Se podrán establecer problemas PDDL con una meta establecida en el problema.		
<b>Caso:</b>	CU-00		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 12 RF-01



Requisito del sistema			
Código: RF-02			
<b>Título:</b>	Crear plan de forma autónoma.		
<b>Descripción:</b>	A través del problema en PDDL y el dominio cómo entradas al planificador, este debe crear un plan de acciones de forma autónoma.		
<b>Caso:</b>	CU-01		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 13 RF-02

Requisito del sistema			
Código: RF-03			
<b>Título:</b>	Ejecución del plan en arquitectura.		
<b>Descripción:</b>	El plan que ha generado el planificador tiene que poder ser ejecutado por la arquitectura NAOTherapist.		
<b>Caso:</b>	CU-01		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 14 RF-03

Requisito del sistema			
Código: RF-04			
<b>Título:</b>	Replanificar.		
<b>Descripción:</b>	El sistema replanificará el plan inicial si se da alguna situación inesperada, es decir, generará un plan nuevo en función de la nueva situación del mundo.		
<b>Caso:</b>	CU-01		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 15 RF-04

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-05</i>			
<b>Título:</b>	Seleccionar el número de intentos.		
<b>Descripción:</b>	Se podrán configurar el número de intentos por pose disponibles para el paciente concreto.		
<b>Caso:</b>	CU-02		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 16 RF-05

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-06</i>			
<b>Título:</b>	Seleccionar posturas del catálogo.		
<b>Descripción:</b>	El sistema permite elegir el subconjunto de posturas que formará el catálogo disponible para el paciente.		
<b>Caso:</b>	CU-02		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 17 RF-06

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-07</i>			
<b>Título:</b>	Definir número de poses.		
<b>Descripción:</b>	El sistema permite definir el número de poses que formarán la actividad.		
<b>Caso:</b>	CU-02		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 18 RF-07

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-08</i>			
<b>Título:</b>	Monitorización.		
<b>Descripción:</b>	El sistema deberá ser capaz de monitorizar las veces que el paciente se encuentra con atención en la actividad.		
<b>Caso:</b>	CU-03		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 19 RF-08

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-09</i>			
<b>Título:</b>	Informe.		
<b>Descripción:</b>	El sistema generará un informe de los fallos del paciente después de la finalización del plan.		
<b>Caso:</b>	CU-03		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 20 RF-09

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-10</i>			
<b>Título:</b>	Interacción con NAO.		
<b>Descripción:</b>	El sistema podrá interactuar con el paciente, realizando peticiones y esperando respuesta.		
<b>Caso:</b>	CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 21 RF-10

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-11</i>			
<b>Título:</b>	Detección paciente.		
<b>Descripción:</b>	El sistema podrá detectar si el paciente se encuentra en la zona de actividad.		
<b>Caso:</b>	CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 22 RF-11

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-12</i>			
<b>Título:</b>	Error provocado.		
<b>Descripción:</b>	El sistema podrá equivocarse de manera provocada.		
<b>Caso:</b>	CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 23 RF-12

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-13</i>			
<b>Título:</b>	Ejecutar plan de forma autónoma.		
<b>Descripción:</b>	El sistema es capaz de ejecutar toda la actividad de forma autónoma y ser capaz de replanificar automáticamente también.		
<b>Caso:</b>	CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 24 RF-13

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-14</i>			
<b>Título:</b>	Corregir pose.		
<b>Descripción:</b>	El sistema es capaz de corregir su propia pose.		
<b>Caso:</b>	CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

*Tabla 25 RF-14*

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-15</i>			
<b>Título:</b>	Aprender pose nueva.		
<b>Descripción:</b>	El sistema es capaz de aprender una pose a priori desconocida para él, aunque la conozca del catálogo de posturas.		
<b>Caso:</b>	CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

*Tabla 26 RF-15*

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-16</i>			
<b>Título:</b>	Generar actividad.		
<b>Descripción:</b>	El sistema podrá generar planes teóricos.		
<b>Caso:</b>	-		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

*Tabla 27 RF-16*

Requisito del sistema			
<i>Código: RF-17</i>			
<b>Título:</b>	Dominio.		
<b>Descripción:</b>	El sistema debe tener asociado un dominio que represente el conocimiento del mundo.		
<b>Caso:</b>	-		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 28 RF-17

## Requisitos no funcionales

En este apartado se van a mostrar los requisitos no funcionales del sistema.

Requisito del sistema			
<i>Código: RNF-00</i>			
<b>Título:</b>	Lenguaje de programación I		
<b>Descripción:</b>	El sistema del nivel medio (Arquitectura de la plataforma) se implementará en Python, en la versión 2.7.		
<b>Caso:</b>	CU-00		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 29 RNF-00

Requisito del sistema			
<i>Código: RNF-01</i>			
<b>Título:</b>	Lenguaje de programación II		
<b>Descripción:</b>	El sistema del nivel alto (Arquitectura de la plataforma) se implementará en PDDL.		
<b>Caso:</b>	CU-00		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 30 RNF-01

Requisito del sistema			
<i>Código: RNF-02</i>			
<b>Título:</b>	Plataformas.		
<b>Descripción:</b>	El sistema se podrá ejecutar en sistemas operativos Windows y Linux, siempre que tenga el software necesario instalado y configurado.		
<b>Caso:</b>	CU-00 – CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 31 RNF-02

Requisito del sistema			
<i>Código: RNF-03</i>			
<b>Título:</b>	Disponibilidad		
<b>Descripción:</b>	La disponibilidad del proyecto depende de la posesión de dos ordenadores, la arquitectura hardware y software de NAOTherapist instalada y presente.		
<b>Caso:</b>	CU-00 – CU-04		
<b>Prioridad:</b>	Alta	Media	Baja
<b>Estabilidad:</b>	Estable		Inestable
<b>Verificabilidad:</b>	Verificable		No verificable

Tabla 32 RNF-03

## Capítulo 4

### Diseño técnico de la solución

En este capítulo se expone el sistema desarrollado para la resolución de la actividad TEACH-ME propuesta en el capítulo anterior (TEACH-ME), después de la creación y descarte de varios planes de actividades propuestos. Para este fin, se detalla la descripción de la actividad que se va a implementar, así como su flujo de ejecución, su modelado del dominio y del problema en PDDL y la implementación del módulo ejecutivo, que como hemos mencionado anteriormente, es el que traduce las acciones de alto nivel a bajo nivel y contiene el estado del mundo.

#### 4.1. Descripción de la actividad

Se decidió optar por la implementación de esta actividad de entre todas las del plan porque es la más completa en cuanto a terapia cognitiva con pacientes infantiles con TEA. Permite introducir un componente de porcentaje de que el robot NAO falle adrede al imitar la pose lo que ayuda a mejorar la aceptación de fallo por parte del paciente. También mejora la capacidad de decisión e iniciativa del paciente ya que se le concederá la oportunidad de guiar la sesión eligiendo las posturas del catálogo y coordinando las posturas con cada uno de los brazos. Estas pueden no ser simétricas, es decir, que las posturas de ambos brazos que forman la pose no sean idénticas, sino que permite el juego de combinación de las posturas en cada brazo. Para elegir las posturas tendrá un catálogo de cinco posturas representadas en imágenes siempre presente detrás de él al que tendrá que prestar atención e imitar a su vez las posturas que están en el catálogo coordinando los brazos.

A su vez, lo que hace este proyecto, hablando de forma técnica, interesante es desarrollar la funcionalidad de permitir a NAO aprender poses, es decir, invertir el rol de la actividad normal de la plataforma NAOTherapist, dando al paciente una mayor implicación pudiendo ser él el terapeuta.

#### 4.2. Arquitectura del sistema

El sistema se basará en la arquitectura de NAOTherapist nombrada en Plataforma robótica NAOTherapist. Para definir la arquitectura se va a exponer el diseño



en PDDL del dominio y el problema y la traducción al nivel medio de planificación, es decir, la implementación en el módulo del ejecutivo.

Si extraemos de la arquitectura NAOTherapist los módulos más relevantes a grandes rasgos para su correcto funcionamiento, podemos ver en la Ilustración 24 Resumen Arquitectura NAOTherapist que los principales elementos a implementar en el desarrollo de la actividad están relacionados con el módulo del Ejecutivo y el dominio y el problema, que forman parte de la planificación de nivel medio. La de nivel bajo y alto no serán necesarias para definir esta actividad. Por otro lado, PELEA es un módulo de arquitectura que ya se encuentra implementado y no se va a modificar su desarrollo sino se va a utilizar con la funcionalidad que posee en la arquitectura NAOTherapist.

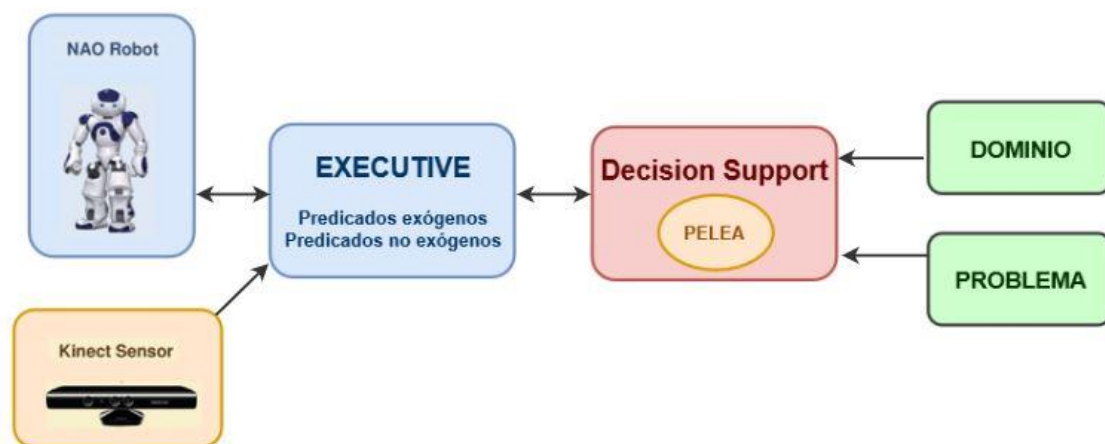


Ilustración 24 Resumen Arquitectura NAOTherapist

Por tanto, los objetivos finales de implementación son modificación del dominio PDDL de la arquitectura NAOTherapist para que soporte la nueva actividad, adaptación de los problemas a este dominio y definición de estos según la nueva actividad, y, por último, la implementación de estas acciones nuevas del dominio en el módulo del Ejecutivo para que sea capaz de aportar la nueva funcionalidad al robot NAO.

### 4.3. Planificación de medio nivel

En este apartado se va a exponer dentro de la planificación de medio nivel la implementación del dominio y del problema en PDDL.

## Modelado PDDL

El dominio se encarga de representar el conocimiento del mundo. Con el fin de implementar el diseño de la actividad TEACH-ME, seleccionada de entre el plan de actividades final, se ha complementado el dominio ya establecido por NAOTherapist manteniendo la integridad del mismo y proporcionando mejoras al desarrollo inicial del dominio para que éste fuera capaz de mantener el plan de la actividad propuesta.

El dominio inicial era poco genérico. Al analizar los flujos de ejecución de las actividades ya desarrolladas por NAOTherapist asociadas a este dominio, se observó la posibilidad de generalizar el mismo, ya que el cuerpo de ejecución de poses era exacto para las actividades.

Al generalizar se encontró una discrepancia, y es, que al generar el diagrama de flujo de la actividad TEACH-ME se observó que, al cambiar el rol del terapeuta del robot NAO al paciente, las acciones varían en sus precondiciones y efectos, por lo que estas acciones se tuvieron que sacar exteriormente al plan general y ser generadas desde su punto inicial de partida.

## Dominio

Se trata de un dominio en PDDL centrado en fluents (variables numéricas y funciones). Para comentar el desarrollo del dominio, primero vamos a mencionar lo que se encontraba ya disponible en el mismo, y después, las acciones y predicados que hemos añadido.

A continuación, se van a nombrar sólo los tipos de los elementos de la ontología definida por NAOTherapist que son imprescindibles para la implementación de la actividad TEACH-ME, ya que son los que definen un matiz de diferencia conceptual en la actividad a implementar, aunque todos consten en el dominio y sean utilizados por igual. Estos son los mostrados en el siguiente fragmento de código y detallados a continuación:

- Pose: La pose es un elemento que define la posición de los dos brazos del paciente, derecho e izquierdo, cómo una unidad.
- Posture: La postura es la posición individual del brazo derecho e izquierdo.

```
(:types
  patient
  robot
  session - object
  exercise
  pose
  posture
  joint
  stance
  stand-up sit-down - mode
  timestamp
  location
  sequence individual TEACH-ME - type
  seq-incr seq-decr - sequence
  auditive visual - feedback
  mirroring reminder - visual
  indirect direct - auditive
)
```

Una pose está formada por dos posturas, la postura del brazo derecho y la postura del brazo izquierdo. Un ejemplo estaría plasmado en la Ilustración 25 Formación de pose; la pose con identificador 'p\_id0' está formada a su vez por dos posturas; la del brazo derecho, que está realizando la postura con identificador 'p1' y la del brazo izquierdo, que está realizando la postura con identificador 'p2'. Por tanto, la definición de la pose está siempre formada por dos posturas, una que representa el brazo derecho y otra que representa el brazo izquierdo, dónde estás pueden ser las mismas posturas, esto representaría por ejemplo que la pose es simétrica.

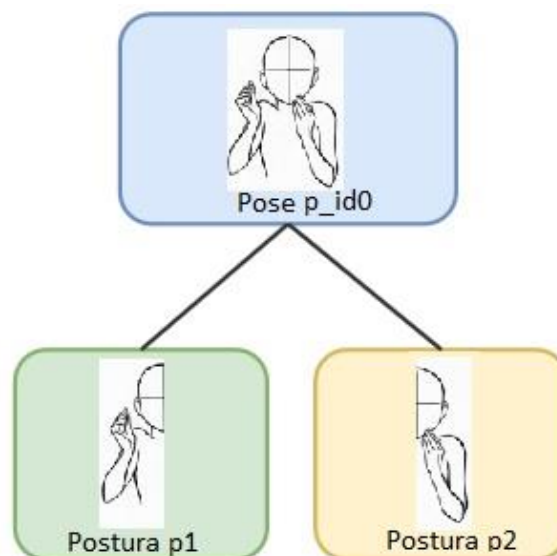


Ilustración 25 Formación de pose

Para la definición de las acciones es necesaria la creación de varios predicados para hacer posible el proceso de reconocimiento e imitación de la pose por parte del robot. Estos son los que hacen las poses desconocidas. Y también la creación del catálogo de posibles posturas que formarán la pose que aprenderá e imitará NAO.

Por último, se van a exponer las acciones que fueron necesarias crear para el correcto funcionamiento del plan. Para ello primero vamos a explicar cómo es el flujo normal de ejecución general de NAOTherapist.

En la Ilustración 26 Diagrama de flujo dominio se muestra el diagrama de flujo general de ejecución de NAOTherapist después de generalizarlo.

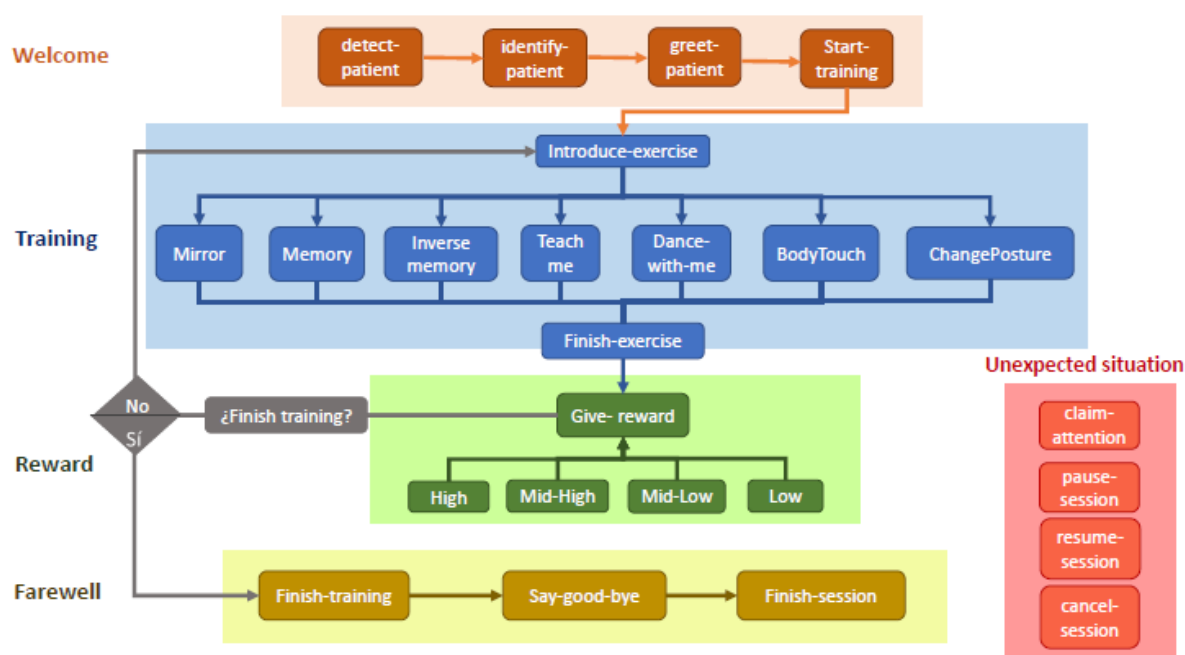


Ilustración 26 Diagrama de flujo dominio

En él vemos que una sesión de rehabilitación ya sea cognitiva o física, se encuentra separada en varias fases; en la fase de bienvenida se encuentran las acciones que detectan al paciente, lo saludan, lo identifican y dejan paso al entrenamiento. A continuación, se pasa a las actividades, en esta fase nosotros nos centraremos en la actividad TEACH-ME ya que es la que vamos a implementar. Después, la fase de recompensa. En ella se da una recompensa al paciente en función de los errores que haya obtenido en la actividad. Si es la última actividad del plan, se pasa a la fase de despedida, si no, se pasa a la siguiente actividad hasta completar el plan establecido para el paciente. Por último, la fase de despedida, en ella las acciones del plan se centran en terminar el entrenamiento y despedirse del paciente. También cabe destacar que existe una fase aparte que se encarga de gestionar las situaciones caracterizadas como inesperadas, es decir, las que inicialmente no se encuentran en el plan de acciones pero que, a través de predicados exógenos, que son situaciones que no se encuentran

previstas en el en la ejecución normal del caso de uso, se detectan y se replanifica en plan de acciones inicial para dar respuesta a ellas.

El diagrama de flujo de las acciones del dominio de PDDL de la actividad TEACH- ME se detalla a continuación en lallustración 27 Diagrama de flujo actividad TEACH-ME. La nomenclatura por colores es la siguiente:

- Están detalladas en color azul y amarillo las acciones generales del dominio.
- En naranja tenemos las de control de la pose, estás son:
  - **Ask-for-a-new-pose:** sirve para solicitar al paciente que nos genere una pose para aprender e imitar posteriormente.
  - **Learn-pose:** esta acción se encarga de aprender la pose que el paciente está realizando.
  - **Execute-learnt-pose:** cuándo el robot ya ha aprendido la pose del paciente la ejecuta. En esta acción, en la siguiente sección, es dónde entrará el porcentaje de fallo en la ejecución de la pose.
  - **Check-robot-learnt-pose:** comprueba que la pose que el robot acaba de ejecutar es la misma que la que el paciente está manteniendo.
- En gris se han representado las tomas de decisiones; cuando el robot realiza la acción *Check-robot-learnt-pose* se pueden dar dos casos: la comprobación de pose es correcta, es decir, ambos tienen la misma pose, entonces el plan continuará decidiendo si se ha terminado la actividad o no (esto se controla con un *fluent* que comprueba si se han realizado todas las poses configuradas para la actividad). O que ambos no tengan la misma pose, dónde comprobamos si el paciente ha superado el número configurado de intentos. Si fuese así, se da el aprendizaje de pose por finalizado y se pasa a finalizar la actividad. Si no fuese así, le incitamos al paciente a que nos repita la pose para volver a aprenderla, ejecutarla y comprobarla. Estas acciones están representadas en verde y son:
  - **Remind-me-to-learn-pose:** solicita al paciente que vuelva a realizar la pose para volver a imitarla.
  - **Skipt-learnt-pose:** si el paciente ha superado el número máximo de intentos configurados para ese problema por pose, la pose se da por finalizada y se pasa a la siguiente o se finaliza la actividad.
- En el dominio se ha incluido una acción de control, **save-learn-pose**. Este predicado únicamente se encarga de forzar la actualización del estado del mundo, ya que al reconocer la pose con *learn-pose* si no actualizamos en ese momento el estado del mundo, la acción *execute-learnt-pose* no tomará los valores reconocidos de las posturas y por tanto la pose seguirá siendo desconocida.

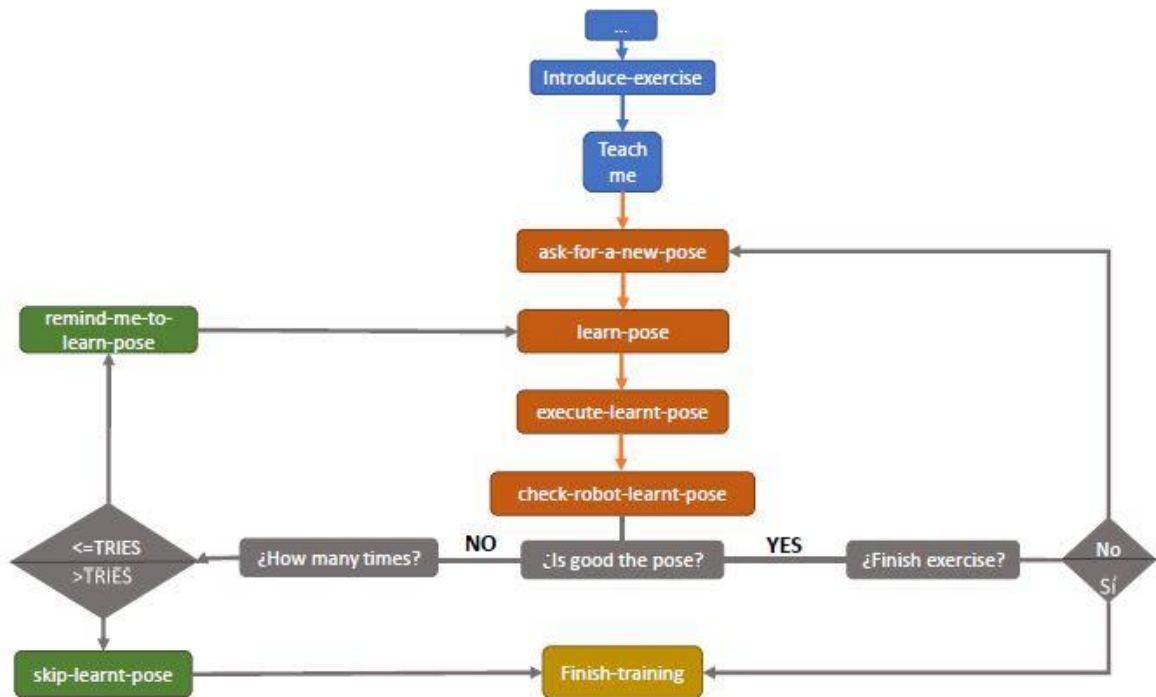


Ilustración 27 Diagrama de flujo actividad TEACH-ME

Cabe destacar, que para todas las acciones hemos tomado como precondition imprescindible que el paciente no esté distraído, que es un predicado exógeno cómo hemos comentado anteriormente. Este predicado es muy importante para el tipo de pacientes con el que nos enfrentamos, ya que los pacientes infantiles con TEA tienen una probabilidad muy alta de finalizar la atención en la actividad durante su ejecución, cómo extrajimos de la información de la psicóloga infantil (Investigación y observación)

Un ejemplo de acción, por ejemplo, la de *ask-for-a-new-pose* (:action ask-for-a-new-pose) sería:

```

:parameters
    (?e - exercise ?pos - pose ?r - robot ?p - patient ?m - mode)
  
```

Donde se observan los parámetros necesarios para reconocer la acción *ask-for-a-new-pose*. En este caso, los objetos son: un ejercicio, una pose, un robot, un paciente y un modo. También se observan las precondiciones. Se procede a explicar las más relevantes:

- El paciente no puede encontrarse distraído, es decir, si encontramos de forma exógena este predicado en la base de hechos, ya no se da la acción.
- No puede existir el predicado exógeno de encontrarse en una situación de emergencia, por lo que tampoco se dará la acción.
- El paciente tiene que encontrarse detectado.

- Para poder hacer la petición de la pose, el ejercicio tiene que encontrarse introducido, es decir, se ha tenido que haber hecho una presentación previa.

Estas son:

```
:precondition  
(and (not (patient-distracted ?r ?p))  
      (not (emergency-situation ?r ?p)) ;  
      (detected-patient ?r ?p)  
      (introduced-exercise ?e)  
      (= (p-position ?pos) (pose-counter))  
      (mode-required ?e ?m)  
      (mode-state ?r ?m)  
      (mode-state ?p ?m)  
      (training-exercise ?e)  
      (pose-exercise ?pos ?e))
```

Por el contrario, en los efectos sólo se encuentra un predicado, que es un predicado de control que nos sirve para indicarnos que ya se ha pedido la pose, no pedirla nuevamente y pasar al aprendizaje de la misma. Estos son:

```
:effect  
(and (asked-pose ?pos))  
)
```

El código completo de esta acción queda indizado en el Apéndice C.

## Problema

En la definición del problema se dan identificadores a los objetos de los elementos concretos que se encuentran en el código anterior. Estos identificadores son objetos ya definidos en la base de conocimiento de NAOTherapist.

Primero se definirán los identificadores de los diferentes objetos, es decir, se realiza la instanciación del problema. Por ejemplo, *pt00 – patient* define a un paciente con el identificador *pt00*.

Sólo nos vamos a centrar en las características del problema de la actividad TEACH-ME que lo distingue del resto de actividades que constan NAOTherapist. Una de las partes más relevantes del problema instanciado del dominio para generar la actividad TEACH-ME es, que las poses se definan inicialmente como desconocidas. Esto lo hacemos a través de predicados, por ejemplo: *(unknown-pose p\_id0)* dónde se define la pose con el identificador *p\_id0* cómo desconocida. También es relevante generar las posturas que van a formar parte del catálogo. Cómo el catálogo consta de cinco posturas, existirán cinco predicados que definen las posturas, como, por ejemplo: *(posture1-catalogue p1)* que nos indica que la postura con identificador *p1* es la postura 1 del catálogo.

*(unknown-pose p\_id0)*

*(unknown-pose p\_id1)*

*(unknown-pose p\_id2)*

*(unknown-pose p\_id3)*

*(unknown-pose p\_id4)*

*(posture1-catalogue p1)*

*(posture2-catalogue p9)*

*(posture3-catalogue p6)*

*(posture4-catalogue p15)*

*(posture5-catalogue p27)*



## 4.4. Componente EXECUTIVE

El componente del Executive controla que el comportamiento de cada función recibida por el Decision Support sea desencadenada. Es decir, recibe la siguiente acción del plan de acciones generado por el planificador Metric- FF de PELEA, a través de la definición del dominio en PDDL y el problema, y se encarga de transformar esta acción en planificación de bajo nivel que comunica al robot NAO. A su vez, se encarga de actualizar el estado del mundo a través del sensor Kinect 3D y del robot NAO, con los predicados exógenos, y también a través de los predicados no exógenos que son los ya definidos. Este estado del mundo que ha generado a través de la nueva acción es devuelto a PELEA del Decision Support que se encarga de comprobar si el estado del mundo recibido es igual al esperado y actuar en consecuencia replanificando si fuera necesario. Este funcionamiento queda correctamente formalizado en la Ilustración 24 Resumen Arquitectura NAOTherapist que se ha mencionado en el apartado de la arquitectura del sistema.

Dentro del componente Executive se ha basado la implementación en tres apartados; el primero expone la traducción de las acciones del dominio PDDL a acciones de bajo nivel comprensibles para el robot NAO, es decir, transforma esas acciones en instrucciones. Después, se hablará del método *'check\_some\_poses'* que se encargará de aprender la pose del paciente. Y, por último, de la realización de la variación del estado del mundo al ejecutarse las acciones del dominio de PDDL que se han comentado en el apartado anterior.

Todo el código del componente Executive se encuentra programado en Python por lo que todo el desarrollo de la implementación de este apartado será en dicho lenguaje de programación, más concreto, en la versión 2.7 de Python.

### Traducción de acciones de medio a bajo nivel

Cómo acabamos de comentar, el Executive se centra, entre otras funcionalidades, en la traducción de las acciones del dominio PDDL a acciones de bajo nivel comprensibles para el robot NAO.

Para que el Executive sea capaz de comprender las acciones nuevas que hemos incluido en el dominio de NAOTherapist es necesario que las definamos una a una en el componente Executive y creamos la traducción.

Las acciones que se han implementado para la actividad TEACH-ME son las mismas que se han implementado en el dominio en PDDL, las mostradas en color naranja y en color

verde en la Ilustración 27 Diagrama de flujo actividad TEACH-ME. Su descripción detallada de características es:

- **Introduce-exercise:** La introducción de la actividad será diseñada en función del tipo de actividad que se realiza. Por lo que, en este caso, en el código del Executive que introduce la actividad, si esta es TEACH-ME, se realizará la explicación de la actividad.

Un ejemplo de fragmento de ejemplo del código de esta acción es:

```
RobotControlComp.say("We are going to play a game, come on!", synthesized_speech, True)
RobotControlComp.executeAnimation('get_stronger', 1, True)
RobotControlComp.say("This are the steps", synthesized_speech, True)
RobotControlComp.executeAnimation("blinking", 1, False)
time.sleep(0.1)
```

El código completo se encuentra en el Apéndice C.

Es este fragmento se ve cómo el Ejecutivo utiliza diferentes funciones para comunicarse directamente con el robot NAO. Por ejemplo, la función *RobotControlComp.say()* manda el texto que va a reproducir con habla sintetizada el robot NAO. Por otro lado, *RobotControlComp.executeAnimation()* permite ejecutar las animaciones que están ya definidas en la base de conocimiento para que el diálogo sea más interactivo. También, con este fin, se duerme durante un intervalo mínimo de tiempo al hilo del robot NAO, *time.sleep()*, para simular la espera de respuesta por parte del paciente.

- **Ask-for-a-new-pose:** en esta acción simplemente se dará una instrucción de comando de voz a NAO que le anima a iniciar la pose y se genera una espera.
- **Learn-pose:** esta acción es la más caracterizable de la actividad TEACH-ME. Se encarga de rescatar del dominio de PDDL las cinco posturas que generan el catálogo de posturas y convertirlas en poses simétricas ya que la función que se implementará posteriormente es capaz de entender el concepto de postura, pero asociado a una pose. Es decir, entiende postura cómo subconjunto de postura derecha y postura izquierda de una pose, por lo que tenemos que introducirle por parámetro es un array de poses y no de posturas.

A su vez, se encarga de llamar a la función *'check\_some\_poses'* que se encarga de comprobar qué pose tiene el paciente y actualizarla en el estado del mundo, cómo se hablará en el apartado a continuación. Y de detectar si la pose que ha detectado la función *'check\_some\_poses'* es un valor válido y sino la actualiza, de nuevo, cómo desconocida, lo que quiere decir que no ha sido capaz de aprender esa pose que está realizando el paciente.

Esta comprobación ocurre siempre y cuando tenemos el predicado exógeno de paciente detectado, ya que, si no fuese así, el robot NAO debe parar la comprobación e intentar llamar la atención del paciente para que vuelva a estar enfrente de él.

- **Execute-learn-pose:** primeramente, realiza la misma comprobación que la acción anterior, es decir, comprueba que el paciente se encuentre detectado si no, directamente no se realiza la acción y se encarga de realizar una instrucción hablada con la intención de llamar la atención del paciente.

Esta acción lo que realiza es únicamente rescatar de los parámetros obtenidos de la acción del dominio de PDDL la pose con sus equivalentes posturas derecha e izquierda, que ya son conocidas porque las hemos conocido en la acción anterior y las hemos actualizado en el estado del mundo, y las mandar ejecutar a los motores del robot NAO.

Lo más caracterizable de esta acción es que genera el porcentaje de fallar adrede para ayudar a mejorar la capacidad de fallo del paciente. Esto se ha realizado a través de un número aleatorio al que le asociamos un 20% de probabilidad para que falle adrede en la ejecución de la pose. Si entrase en esta probabilidad, se ha creado una lista con todas las poses que posee la base de conocimiento de la arquitectura NAOtherapist y escoge dos de manera aleatoria, una para la postura del brazo derecho y otra para la del brazo izquierdo.

- **Check-robot-learn-pose:** esta acción comprueba que los ángulos que posee el robot NAO en ese momento establecido son los mismos, o aproximados en un umbral configurable, que los que ve el módulo de visión del sensor Kinect 3D. Lo que hace diferente esta función de comprobación a la de cualquier actividad de NAOtherapist es que, cómo hemos desarrollado una funcionalidad de fallo premeditado en la ejecución de la pose, si esto ha ocurrido, se conoce el fallo por lo que no es necesario comprobar y por tanto reducimos tiempo de cómputo. Sólo es necesario poner los ángulos en función de las posturas que hemos conocido correctamente en la acción **learn-pose** y explicar al paciente a través de instrucción vocal este fallo y tomarlo como un punto de mejora personal: *RobotControlComp.say("Ups! I failed! I'm going to try it again", [...])*

También aumentará el contador de fallos si la comprobación es falsa, ya que este valor será necesario para poder comprobar si nos encontramos en el número máximo de intentos para pasar la pose o recordarla de nuevo.

- **Remind-me-to-learn-pose:** esta acción simplemente se basa en poner al robot con los ángulos en posición inicial de reposo y decir que va a probar de nuevo a intentar la pose.
- **Skipt-learn-pose:** se encarga de hablar con el paciente para comunicarle que la pose se va a pasar porque se ha superado el número de intentos. A su vez,

aumentará el número de poses que se han pasado para generar las estadísticas finales.

- **Finish-learn-pose:** tiene asociados los monólogos de finalización de actividad: "Finish!" y se encarga de poner el contador de fallo de la pose a 0.

Un ejemplo de implementación de acción en el componente ejecutivo sería la siguiente:

```
elif action.name == "EXECUTE-LEARNT-POSE":  
    global equivocacion  
    if is_patient_detected():  
        pose_counter += 1  
        pose_exercise = Pose(action.symbols[2], action.symbols[3])  
        RobotControlComp.say("Good! This is the pose!", synthesized_speech, False)  
        time.sleep(2)  
    [...]
```

El código completo se encuentra en el Apéndice C.

Dónde se pueden apreciar todos los detalles explicados en la acción EXECUTE-LEARNT-POSE. Se puede observar que, si el paciente está detectado, se realizan las instrucciones, pero, por otro lado, si no lo está, no las realizamos para optimizar en tiempo de cómputo y asociarle el monólogo correspondiente a la búsqueda del paciente en la sala.

## 4.5. Aprendizaje de poses

Para la realización de la función que se encarga de aprender la pose por parte del paciente de entre las del catálogo que tenemos accesible en el código (*check\_some\_poses()*), hemos partido de una función ya implementada en el código del Ejecutivo que se centra en comprobar una pose introducida por parámetro en función de la que es capturada por el módulo de visión del sensor Kinect en ese momento.

La función que se ha desarrollado tiene como fundamento esta funcionalidad, pero en vez de recoger por parámetro una pose, recoge una lista con cinco poses simétricas creadas a partir de las cinco posturas del catálogo, cómo se muestra en la figura a continuación:

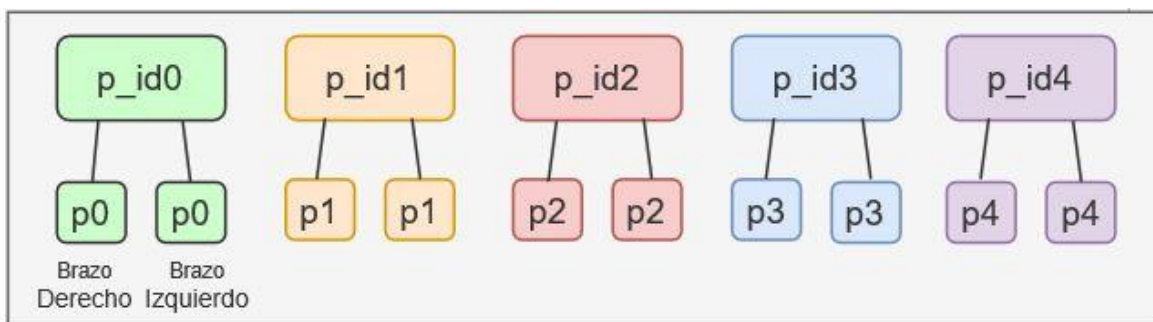


Ilustración 28 Reconocimiento poses

A partir de recibir estas poses, la función las separa en posturas separadas para el brazo derecho y posturas separadas para el brazo izquierdo y las comprueba con las posturas que recibe del módulo de visión del sensor Kinect. Las comprobaciones las realiza tanto para el brazo derecho como para el izquierdo de forma individual, ya que cada brazo puede tener asociada una postura diferente porque permitimos realizar al paciente poses que no sean simétricas. La forma de comprobación del método es la siguiente:

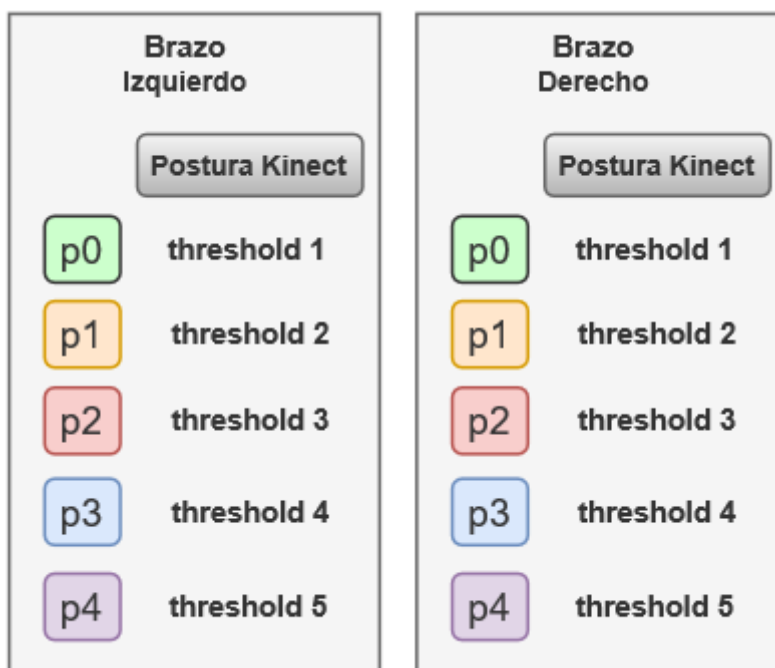


Ilustración 29 Reconocimiento método check\_some\_poses

El threshold es la diferencia numérica entre los valores teóricos de los ángulos de los brazos asociados al identificador de la postura y los obtenidos por petición al módulo de visión del sensor Kinect. Cuanto menor sea este valor más se acerca la postura teórica a la postura real.

Por lo que la función se encarga de comprobar cuál es el menor de los thresholds para cada uno de los brazos y las posturas y modifica estos valores en dos variables globales, una para la postura del brazo derecho y otra para la postura del brazo izquierdo, que se rescatarán en la implementación de las acciones nombradas en el apartado anterior y en la actualización del estado del mundo en el apartado siguiente.

## 4.6. Actualización del estado del mundo

Este apartado consiste en la implementación de la parte de las acciones del Executive que se encarga de actualizar el estado del mundo que posteriormente concederá a PELEA para la contrastación con el estado deseado.

De igual modo que el apartado anterior, la parte del código en Python equivalente a la actualización del estado del mundo está separada en las acciones nuevas que forman la actividad TEACH-ME del dominio. Ya que cada acción genera un efecto distinto en el estado del mundo. En este apartado se introducirán los predicados que no son exógenos.

La mayoría de las acciones generan el predicado, actualizado con los identificadores después de realizar la acción, asociado al efecto de la misma acción en el dominio en PDDL. Así pues, un ejemplo de acción de actualización del estado del mundo sería:

```
elif action.name == 'ASK-FOR-A-NEW-POSE':
    append += "(asked-pose " + action.symbols[1] + ")\n"
```

Dónde se observa que la acción 'Ask-for-a-new-pose' genera el predicado "(asked-pose " + action.symbols[1] + ")", qué a ojos de PELEA, un ejemplo podría ser: (asked-pose p\_id0). E indica que la pose p\_id0 ha sido peticionada.

Las acciones que generan un cambio en el estado del mundo diferente al ejemplo que acabo de exponer son:

- **Learn-pose:** Esta acción modifica el predicado asociado a las posturas de la pose a conocer. Inicialmente este predicado será del tipo: (pose-postures p\_id0 punknown punknown) dónde siempre que no se haya aprendido aún la pose, el identificador por defecto para la pose desconocida es punknown. Cómo al finalizar esta acción ya conocer cuáles son los valores de las diferentes posturas de la pose a través de la función check\_some\_poses, en esta acción modificaremos el predicado con las posturas desconocidas al mismo predicado con las posturas ya

conocidas y actualizadas. Es decir, de (*pose-postures p\_id0 punknown punknown*) pasaremos a tener (*pose-postures p\_id0 p8 p1*). Esta acción también provocará que se elimine el predicado de control de pose conocida, ya que ésta ya se conoce: (*unknown-pose p\_id0*).

- **Skipt-learn-pose:** Al pasar una pose porque el paciente ya ha superado el número de intentos, se generan todos los predicados relativos a una pose correctamente realizada y finalizada, para poder hacer que ésta desaparezca del plan y que no vuelva a ser ejecutada.
- **Remind-me-to-learn-pose:** Por el contrario, esta acción va a incluir de nuevo el predicado de pose desconocida (*unknown-pose [...]*) para volver a aprenderla del paciente.

# Capítulo 5

## Experimentación y pruebas

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos, así como la experimentación realizada que nos permita llegar a las conclusiones del proyecto y determinar si los objetivos han sido correctamente cumplidos. Para ello vamos a realizar varios planes del dominio, flujos normales de ejecución, así como flujos donde se ponga en marcha la replanificación para conseguir dicha meta. También se ejecutarán varias veces los planes para comprobar que el reconocimiento de poses es óptimo y por tanto la actividad de reconocimiento es válida.

Por otro lado, para poder determinar el correcto funcionamiento de la arquitectura en su completitud es necesario poder comprobar visualmente cuál es el resultado del plan de acciones de la actividad y los métodos de replanificación, esto se puede ver en los vídeos publicados en el canal de Youtube: <https://goo.gl/AxPJm9>

Los planes de acciones que se han sido necesarios para sacar las tablas de experimentación de este apartado quedan indexados en el Apéndice A de este documento. En este apéndice se pueden encontrar todos los planes de acciones completos que se muestran en los apartados siguientes.

### 1.1. Planes de ejecución de actividad

En este apartado se exponen los diferentes resultados de ejemplos de ejecución de la actividad, donde se forzará al planificador a un fin concreto para demostrar el correcto funcionamiento de dicho fin.

Estas pruebas están configuradas para un problema cuyas características y parámetros son:

- Reconocimiento de 5 poses:  $p_{id0}$   $p_{id1}$   $p_{id2}$   $p_{id3}$   $p_{id4}$
- Las posturas que forman el catálogo son:  $p1$   $p9$   $p6$   $p15$   $p27$   
Donde la postura antes de ser reconocida vendrá indicada como: *punknown*.  
Estas posibles poses son las mostradas en la Ilustración 30 Catálogo de poses siguiente.



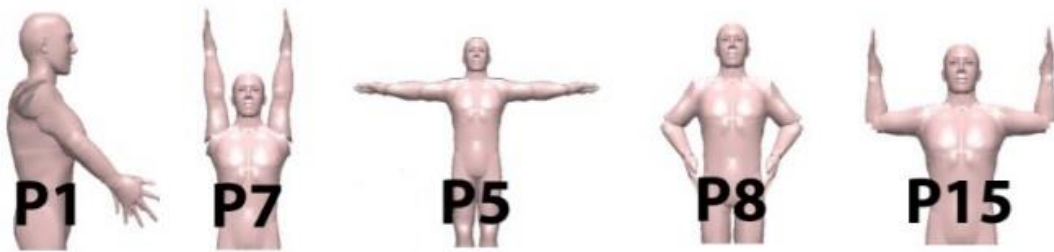


Ilustración 30 Catálogo de poses

La numeración de la imagen no se corresponde con la numeración de la base de conocimiento, pero la que se toma como válida es la que se encuentra almacenada en la última.

Que realizadas por el robot NAO son las siguientes:

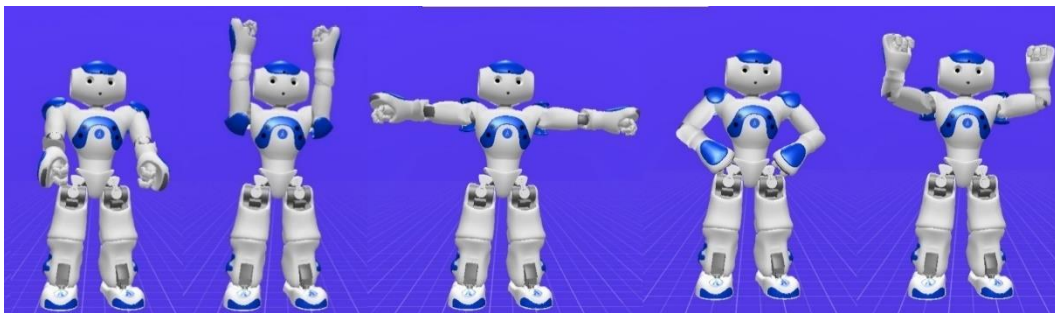


Ilustración 31 Poses robot NAO

- Número de intentos: dos por cada reconocimiento de pose.
- Poses simétricas, donde la pose estará compuesta por la misma postura tanto para el brazo derecho como para el brazo izquierdo como se puede comprobar en la figura anterior.
- La función de paciente es tomada por el evaluador del sistema.

## Plan normal

En este flujo se muestra el resultado de una ejecución normal como el mostrado en la ilustración Ilustración 27 Diagrama de flujo actividad TEACH-ME del plan de acciones del planificador:

- 1 **DETECT-PATIENT** ['NAO', 'pt00']
- 2 **IDENTIFY-PATIENT** ['NAO', 'pt00']
- 3 **GREET-PATIENT** ['NAO', 'pt00']
- 4 **START-TRAINING** ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']
- 5 **INTRODUCE-EXERCISE** ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 **START-EXERCISE** ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 **ASK-FOR-A-NEW-POSE** ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
 8 **LEARN-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
 9 **SAVE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
 10 **EXECUTE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
 11 **CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
 12 **FINISH-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']

[...]

38 **FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE** ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']  
 39 **CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED** ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']  
 Fail Percentage of the Exercise: 0  
 40 **GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD** ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']  
 41 **FINISH-TRAINING** ['NAO', 'pt00', 'ses1']  
 42 **SAY-GOOD-BYE** ['NAO', 'pt00']  
 43 **FINISH-SESSION** ['NAO', 'pt00', 'ses1']

En las acciones de la 1 a la 6 se representan las acciones de la fase de bienvenida. En las acciones de la 7 a la 12 se representa la fase de entrenamiento de la actividad TEACH-ME en concreto; primero se pide una nueva pose ASK-FOR-A-NEW-POSE, en este caso p\_id0, se pasa a la acción LEARN-POSE que se encarga de reconocer la pose p\_id0 cuyas posturas son desconocidas: punknown, de entre las que se encuentran en el catálogo: 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27'. La siguiente acción SAVE-LEARNT-POSE es la acción de control que se encarga de forzar la actualización del estado del mundo para actualizar las dos posturas ya reconocidas en la acción anterior: 'p1', 'p1'. A continuación, se pasa a la ejecución de la pose a través de la acción EXECUTE-LEARNT-POSE, de las posturas derecha e izquierda: 'p1', 'p1'. Después se produce la comprobación de que la pose del robot con las posturas reconocidas 'p1', 'p1' es la misma que la del paciente, esto es a través de la acción CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE. Como este reconocimiento ha sido aceptado, se pasa a la acción FINISH-LEARNT-POSE que da por finalizada la pose 'p\_id0' con las posturas 'p1', 'p1'.

A continuación, este proceso se realiza para el resto de reconocimiento de poses p\_id1 p\_id2 p\_id3 p\_id4, este fragmento del plan, así como el plan completo, se puede ver en el Apéndice A.

Y se finaliza la sesión con la fase de despedida que incluye las acciones de la 38 a la 43. En esta sección se puede ver el resultado del porcentaje de fallos en el ejercicio, que en este caso es 0 debido a que el plan ha sido forzado a su desarrollo normal de ejecución sin ningún tipo de replanificación.



del mundo no es el mismo que el estado real, por lo que tiene que replanificar el plan de acciones para lograr que se alcance este estado.

## Plan con bucle en reconocimiento

En este ejemplo de plan se muestra un fragmento en el que el robot no es capaz de reconocer la pose en la acción LEARN-POSE, es decir, el método *check\_some\_poses* devuelve *None* para cada una de las posturas o para una de ellas, lo que indica que el paciente está realizando una pose que se encuentra fuera de las posturas referenciadas en el catálogo.

En este caso el plan de acciones no continua la ejecución de flujo normal, sino que se queda reconociendo la pose constantemente, es decir, replanifica automáticamente y provoca que la siguiente acción a realizar de la replanificación sea de nuevo LEARN-POSE hasta que reconozca la pose y se pueda pasar a que la siguiente acción sea SAVE-LEARN-POSE y el flujo pueda seguir su curso normal.

En este fragmento se puede apreciar lo que se acaba de exponer:

```
1 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
2 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
3 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
4 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
5 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
6 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
7 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
8 SAVE-LEARNT-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1',
'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
```

## Pose reconocida como incorrecta

En este apartado se muestra un ejemplo de replanificación en la que al realizar una comprobación de que el robot se encuentra realizando la misma pose que el paciente se detecta que ambos no tienen la misma pose por lo que el planificador realiza una tarea de replanificación y la siguiente acción a ejecutar es REMIND-ME-TO-LEARN-POSE que le indica al paciente que vuelva a realizar la pose para el robot volver a aprenderla y volver a realizar la acción LEARN-POSE. Se muestra un ejemplo en el plan a continuación:

```

1 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up',
'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
2 SAVE-LEARNT-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1',
'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
3 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
4 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-
up']
5 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-
up', 'reminder']
6 LEARN-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6',
'p15', 'p27']
7 SAVE-LEARNT-POSE ['p_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1',
'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

```

## Salto de pose

En este ejemplo se va a demostrar el funcionamiento de la acción SKIP-LEARNT-POSE. Esto ocurre, cuando al comprobar la pose con la acción CHECK-ROBOT-LEARN-POSE, se comprueba que ambas poses, la del robot y la del niño, no son la misma y por tanto se activa el mecanismo de replanificación que nos da lugar a la acción REMIND-ME-TO-LEARN-POSE. Esta acción da paso a LEARN-POSE, que, si aprende la pose, la ejecuta y vuelve a comprobar que robot y paciente no tienen la misma pose y al haber superado el máximo de intentos, que en este caso son dos por pose, la replanificación da lugar a la acción SKIP-LEARNT-POSE, que pasa la pose reduciendo el número de poses de la sesión. Este ejemplo queda reflejado en el fragmento siguiente:

- 1 **ASK-FOR-A-NEW-POSE** ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 2 **LEARN-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 3 **SAVE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 4 **EXECUTE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 5 **CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

- 6 **REMIND-ME-TO-LEARN-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']
- 7 **LEARN-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 8 **SAVE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 **EXECUTE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 10 **CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

- 11 **SKIP-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

## Paciente fuera del límite de visión

Este apartado expone un ejemplo en el que el paciente se encuentra fuera de la visión del robot, es decir, el sensor de la Kinect 3D no es capaz de visualizar al paciente, entonces se introduce el predicado exógeno de paciente no detectado y el plan nos devuelve información de que el paciente no ha sido detectado en cada acción:

**1 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

PATIENT LOST!

**2 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']

PATIENT LOST!

**3 LEARN-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

PATIENT LOST!

**4 SAVE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

PATIENT LOST!

**5 EXECUTE-LEARNT-POSE** ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

PATIENT LOST!

## 5.1.2. Reconocimiento de poses

En este apartado se muestra la fase de evaluación del componente de reconocimiento de poses. Para ello, se han realizado veinte iteraciones por cada postura del catálogo 'p1', 'p6', 'p9', 'p15', 'p27' y se han anotado los resultados en la Tabla 33 Matriz de confusión reconocimiento de poses que se refleja a continuación, dónde se relaciona cada postura con el número de iteración y se muestra el identificador de la postura que se ha reconocido en esa ejecución de acción de reconocimiento. Para la experimentación de reconocimiento de poses hemos desactivado el porcentaje de equivocación provocada, ya que lo que se pretende demostrar es que el reconocimiento de poses es correcto y este elemento nos produce confusión en esta parte de pruebas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1	p1
p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6	p6
p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p9	p15	p9	p9	p9
p15	p15	p15	p15	p15	p15	p27	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15	p15
p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p15	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27	p27

Tabla 33 Matriz de confusión reconocimiento de poses

Se puede observar en la tabla que en una ocasión se realizó la postura p9 y el robot la reconoció como la p15, en otra ocasión el evaluador realizó la postura p15 y el robot la reconoció como la p27, y en la última ocasión el evaluador realizó la p27 y el robot reconoció la p15.

Se puede concluir que el robot es capaz de reconocer correctamente la pose un porcentaje de un 97%. Este resultado se plasma en la Tabla 34 Matriz confusión total reconocimiento de poses. Esta representa la matriz de confusión que refleja que prácticamente todos los procesos de reconocimiento se encuentran en la diagonal. La tabla se encuentra completada con el número de iteraciones donde se ha reconocido la postura como tal, y es la siguiente:

	p1	p6	p9	p15	p27
p1	20				
p6		20			
p9			19	1	
p15				19	1
p27				1	19

Tabla 34 Matriz confusión total reconocimiento de poses



## 5.2. Resultados cualitativos de interacción

En este apartado se muestra un ejemplo de interacción real del sistema entre el robot y dos pacientes infantiles sanos. Los resultados filmados están publicados en la página de Youtube: <https://goo.gl/AxPJm9>

En estas interacciones se muestran todas las funcionalidades del sistema, así como la actividad completa que supone cada una de las pruebas anteriores de forma visual. De este modo se pueden apreciar matices que en los ejemplos de planes no han podido ser corroborados, como, por ejemplo, que el robot se equivoca de manera voluntaria imitando una pose aleatoria, aunque realmente ha reconocido la pose correcta.

Para evaluar el funcionamiento del sistema de actividades se ha necesitado el robot NAO, los dos ordenadores que soportan la arquitectura NAOTherapist, el sensor Kinect 3D y el catálogo de poses. Se ha situado al paciente delante del robot NAO y del sensor Kinect 3D como se muestra en la ilustración siguiente:



*Ilustración 32 Entorno de ejecución de la actividad TEACH-ME*

En esta ilustración se puede observar cuál será la visión del paciente a la hora de enfrentarse a la actividad. Enfrente de él se encontrará el robot NAO, detrás, el catálogo de poses del cual las elegirá el paciente según se vaya desarrollando la sesión. Encima de él, se encuentra el sensor Kinect 3D ya que es imprescindible para obtener el esqueleto del paciente. Por último, a la izquierda, aunque no es visual en esta

ilustración, se encontrará el terapeuta, en este caso el desarrollador, para poder llevar un control de la sesión.

Para desarrollar de forma correcta las pruebas de la actividad, se ha separado la sesión de evaluación en tres fases:

- En la primera fase, se ha enseñado el catálogo de poses con el que va a trabajar el paciente y se ha practicado todas las posibles poses del catálogo con él. Es decir, le hemos anticipado las poses al paciente.
- En la segunda fase, se ha comenzado la sesión. En esta fase se ha traducido al paciente todos los monólogos ya que se encontraban en inglés y podría llegar a ser difícil para su entendimiento.

El desarrollador que ha tomado papel de terapeuta en esta sesión ha ido aportando comentarios y guías a los pacientes para que la sesión se realizase correctamente.

- En la tercera fase se ha pasado el cuestionario de satisfacción a ambos pacientes para determinar el grado de satisfabilidad. Estos cuestionarios quedan anexados en el Apéndice B.

Por último, cabe destacar que al finalizar ambas sesiones de entrenamiento se ha premiado a los pacientes con un baile.

Ambos pacientes han sido capaces de finalizar la sesión sin ningún tipo de inconveniente y el robot ha sido capaz de avanzar la sesión de forma autónoma.

El sistema se evaluó con dos pacientes infantiles sanos de los que se recogió información trascendente a través de un cuestionario que recoge el grado de satisfacción de la sesión (Este se encuentra en el Apéndice B). Los resultados fueron los que se muestran en la

Tabla 35 Resultados pacientes, dónde los campos representan las diferentes respuestas de los pacientes en el cuestionario. La forma de evaluación se ha basado en una escala gradual de 0 a 5, representado con imágenes más atractivas para el público al que estaba destinado, dónde 0 representa una opción negativa y 5 una opción absolutamente positiva.

	Paciente 1	Paciente 2
<b>Edad:</b>	5	11
<b>Sexo:</b>	<i>Femenino</i>	<i>Masculino</i>
<b>Cuestión 1:</b>	5	5
<b>Cuestión 2:</b>	4	5
<b>Cuestión 3:</b>	5	4
<b>Cuestión 4:</b>	5	5
<b>Cuestión 5:</b>	3	4
<b>Cuestión 6:</b>	2	5

Tabla 35 Resultados pacientes

## 5.3. Relación de requisitos

En la siguiente Tabla 36 Matriz de requisitos se muestra la relación de requisitos definida en el apartado Requisitos del sistema. En ella se ha definido una matriz de trazabilidad que relaciona cada requisito con la prueba o las pruebas asociadas a cada uno de ellos. O una celda en blanco, lo que quiere decir que el requisito no ha podido ser probado en las pruebas o no ha procedido en su implementación.

	Plan normal	Plan con fallo provocado	Plan con bucle en reconocimiento	Pose reconocida como incorrecta	Salto de pose	Paciente fuera del límite de visión	Reconocimiento de poses
RF-00	X						
RF-01	X						
RF-02	X						
RF-03	X	X	X	X	X	X	X
RF-04			X	X	X		
RF-05					X		
RF-06							X
RF-07	X						
RF-08							
RF-09	X	X					
RF-10	X	X	X	X	X	X	X
RF-11						X	
RF-12		X					
RF-13	X	X	X	X	X	X	X
RF-14				X			
RF-15	X	X	X	X	X		X
RF-16	X	X					
RF-17	X	X	X	X	X	X	X
RNF-00							
RNF-01	X	X	X	X	X	X	X
RNF-02							
RNF-03							

Tabla 36 Matriz de requisitos

# Capítulo 6

## Gestión del proyecto

En este capítulo se describe la planificación del proyecto que ha permitido llevar a cabo el control de tiempo para el desarrollo de la actividad finalmente implementada. Primeramente, se expondrán las distintas fases de la planificación, así como la organización del tiempo necesario para llevar a cabo cada una de ellas. En este apartado también se exponen el presupuesto necesario para la realización del mismo y, por último, se establece el marco legal regulador que rige al proyecto.

### 6.1. Fases del proyecto

Para lograr una adecuada planificación para el correcto desarrollo de este proyecto, se ha optado por dividir el mismo en las siguientes tareas diferenciadas:

1. **Consultoría.** En esta fase se realiza el proceso de búsqueda, asesoría y adjudicación del proyecto. En ella se planteará el problema y la meta a alcanzar.
2. **Análisis.** Se plantea el problema llegando a un nivel de abstracción lo suficientemente alto para poder comprender la magnitud del mismo y, una vez comprendido, se establece una especificación detallada de requisitos que tendrá que contener el sistema a desarrollar.
3. **Diseño.** Se genera la estructura que tendrá el sistema. Cómo serán los casos de uso y cómo serán los diagramas de flujo.
4. **Implementación de dominio y problema.** En esta fase se implementará tanto el dominio como el problema en PDDL para su ejecución en el planificador Metric-FF y así cubrir toda la parte de decisión. Se analizan y completan todas las precondiciones y los efectos que tendrán las acciones del mismo, así como sus predicados, objetos, tipos y constantes. También se implementa un problema configurable para cada paciente instanciado del dominio.
5. **Implementación en el Executive.** Segunda fase de implementación; una vez se ha creado el dominio y el problema en PDDL, que representa la fase deliberativa de la solución, se traducen sus acciones en instrucciones comprensibles por el robot NAO. En esta fase nos centramos en puntos desde los monólogos y las animaciones a seguir en la actividad cómo en la modificación del estado del mundo que generan las distintas acciones del dominio en PDDL.
6. **Experimentación.** Una vez que el sistema ha sido diseñado e implementado se pasa a ponerlo a prueba. Se realizan las comprobaciones del correcto funcionamiento del dominio y del componente Executive, con la creación de planes de acciones provocados a través de una definición de problema concreto.

Una vez ejecutadas las pruebas funcionales del sistema se recogen los resultados.

7. **Pruebas.** Ya que nuestro sistema está desarrollado para un público concreto y basado en unos fundamentos psicológicos, se pasa a probar el sistema con pacientes reales pudiendo extraer conclusiones positivas o negativas de las interacciones. En esta fase también se pasará un cuestionario a los usuarios que han utilizado el sistema para su evaluación.
8. **Documentación.** Por último, se documentarán todas las fases del proyecto para dejar constancia y como base científica en proyectos futuros similares.
9. **Presentación.** En esta fase se preparará la presentación del proyecto para poder exponer todos los puntos clave y las conclusiones obtenidas.

## 6.2. Planificación

La planificación estimada se llevó a cabo a partir de las fases del proyecto nombradas anteriormente. Esta planificación se ha representado en la Tabla 37 Planificación estimada que muestra los periodos de tiempo estimados, así como la Ilustración 33 Planificación estimada muestra gráficamente la planificación a través de un diagrama de Gantt asociado.

Fase	Comienzo	Fin	Duración
<i>Consultoría</i>	01/09/16	30/09/16	5 semanas
<i>Análisis</i>	03/10/2016	28/10/2016	4 semanas
<i>Diseño</i>	31/10/2016	02/12/2016	5 semanas
<i>Dominio y problema</i>	05/12/2016	17/02/17	11 semanas
<i>Executive</i>	20/02/17	14/04/2017	8 semanas
<i>Experimentación</i>	17/04/17	28/04/17	2 semanas
<i>Pruebas</i>	01/05/17	19/05/17	3 semanas
<i>Documentación</i>	22/05/17	30/06/17	6 semanas
<i>Presentación</i>	03/07/17	14/07/16	2 semanas

Tabla 37 Planificación estimada

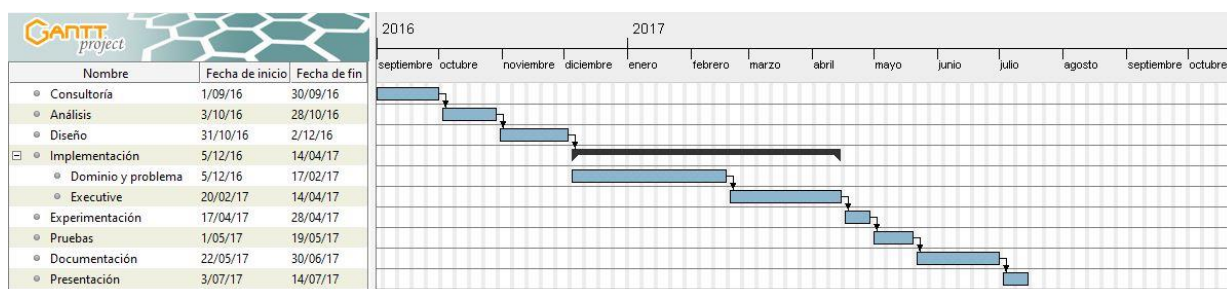


Ilustración 33 Planificación estimada

Cómo la planificación inicial es un valor estimado, no puede representar con exactitud el desarrollo real en tiempo del proyecto ya que es imposible contemplar toda la problemática que pueda darse en la realización real. Por este motivo, una vez finalizado el proyecto, se crea una tabla como la Tabla 38 Planificación real con los valores reales de tiempo para cada etapa del proyecto, así como su diagrama de Gantt asociado en la Ilustración 34 Planificación real para una representación más visual.

Fase	Comienzo	Fin	Duración
<i>Consultoría</i>	01/09/16	30/09/16	5 semanas
<i>Análisis</i>	03/10/16	24/02/17	18 semanas
<i>Diseño</i>	27/02/17	10/03/17	2 semanas
<i>Dominio y problema</i>	13/03/17	07/04/17	4 semanas
<i>Executive</i>	10/04/17	31/07/17	16 semanas
<i>Experimentación</i>	01/08/17	04/08/17	1 semana
<i>Pruebas</i>	07/08/17	11/08/17	1 semana
<i>Documentación</i>	14/08/17	18/09/17	5 semanas
<i>Presentación</i>	19/09/17	22/09/17	1 semana

Tabla 38 Planificación real

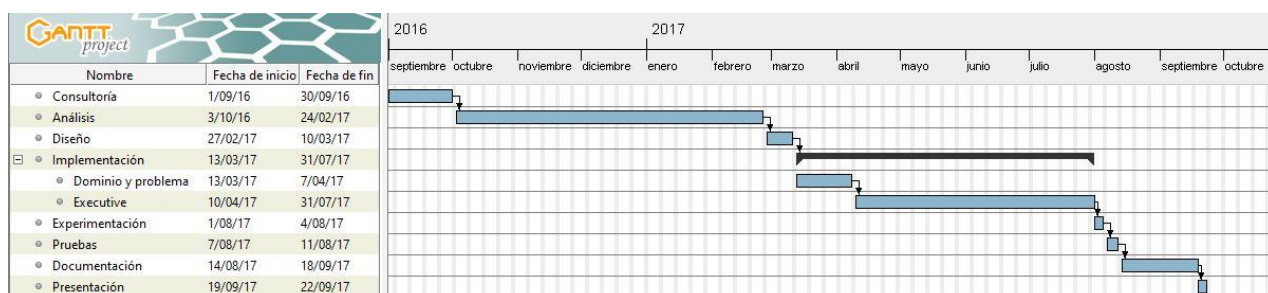


Ilustración 34 Planificación real

## 6.3. Presupuesto

En este apartado se realiza un análisis detallado del coste presupuestado de los recursos utilizados en la realización del proyecto. Este coste se desglosa en tres categorías: de personal, hardware y software.

### Costes estimados

En este subapartado se expone la previsión de costes del proyecto.

#### *De personal*

Los costes de personal engloban cada uno de los empleados necesarios para el desarrollo del proyecto. Se ha requerido de un jefe de proyecto para la supervisión de este, de un analista y desarrollador. En la Tabla 39 Costes estimados de personal se plasman las horas estimadas a la par que el coste en euros total de cada empleado por cada hora. Además, se añade al final la cotización a la Seguridad Social (SS) por cada empleado que supone un 30% añadido al sueldo.

Categoría	Dedicación (horas)	Coste (€/hora)	Coste total (€)	Coste total + SS (€)
<i>Jefe de proyecto</i>	65	24	1.560	2028
<i>Analista</i>	430	19	8.170	10.621
<i>Desarrollador</i>	645	17	10.965	14.254,5
<i>Total</i>	1.140	-	20.695	26.903,5

Tabla 39 Costes estimados de personal

#### *Hardware y software*

En este apartado se van a exponer los recursos hardware y software en la tabla siguiente necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Concepto	Coste (€)	Vida útil (meses)	Uso (meses)	Coste total (€)
<i>Ordenador portátil I</i>	700	36	10	194,44
<i>Ordenador portátil II</i>	599	36	10	166,39
<i>Sensor Kinect 3D</i>	99,99	48	10	20,83
<i>NAO Robot</i>	7.247,90	48	10	1.509,97
<i>Total</i>	8.797,89			1.891,63

Tabla 40 Costes estimados software y hardware

Los recursos software no se encuentran contemplados en estos costes, puesto que se ha utilizado software libre y gratuito, a excepción de la licencia del programa Choregraph que se han incluido en los gastos del robot NAO.

## Recopilación de costes

En la tabla siguiente se muestra un resumen con el total de todos los gastos.

Categoría	Coste total (€)
<i>De personal</i>	26.903,50
<i>Hardware</i>	1.891,63
<i>Software</i>	0
<i>Total</i>	28.795,13

Tabla 41 Costes totales estimados

## Costes reales

El presupuesto real al final del proyecto difirió con la estimada al inicio, por lo que se han recogido los nuevos costes y quedan reflejados en este apartado.

### *De personal*

En cuanto a los recursos de personal, es necesaria la participación en el proyecto del desarrollador un número de diez semanas más, por lo que este coste aumentará. Queda reflejado en la tabla siguiente.

Categoría	Dedicación (horas)	Coste (€/hora)	Coste total (€)	Coste total + SS (€)
<i>Jefe de proyecto</i>	100	24	2.400	3.120
<i>Analista</i>	430	19	8.170	10.621
<i>Desarrollador</i>	750	17	12.750	16.575
<i>Total</i>	1.280	-	23.320	30.316

Tabla 42 Costes reales de personal

### *Hardware y software*

Del mismo modo ha sido imprescindible disponer de los equipos diez semanas más lo que nos obliga a modificar los costes hardware que quedan reflejados en la tabla siguiente.



Concepto	Coste (€)	Vida útil (meses)	Uso (meses)	Coste total (€)
Ordenador portátil I	700	36	12	233,33
Ordenador portátil II	599	36	12	199,66
Sensor Kinect 3D	99,99	48	12	24,99
NAO Robot	7.247,90	48	12	1.811,97
<b>Total</b>	<b>8.797,89</b>			<b>2.269,95</b>

Tabla 43 Costes reales de hardware y software

## Recopilación de costes

A continuación, en la tabla siguiente se muestra el resumen de costes reales del proyecto.

Categoría	Coste total (€)
De personal	26.903,5
Hardware	2.269,95
Software	0
<b>Total</b>	<b>29.173,45</b>

Tabla 44 Costes totales reales

## Presupuesto final

Por lo que el presupuesto total final del proyecto será:

Nombre del proyecto	DESARROLLO DE ACTIVIDADES BASADAS EN ROBÓTICA SOCIAL PARA PACIENTES CON TEA		
<b>Autor</b>	Irene Díaz- Portales Chaves	<b>Duración</b>	12 meses
<b>Concepto</b>	Coste total		
<b>Personal</b>	30.316		
<b>Material (HW y SW)</b>	2.269,95		
<b>Costes indirectos (10%)</b>	3.258,59		
<b>Total bruto (€)</b>	35.844,54		
<b>Total con 21% de IVA (€)</b>	43.371,89		

Tabla 45 Presupuesto

El presupuesto final del proyecto es de cuarenta y tres mil trescientos setenta y uno con ochenta y nueve céntimos.

## 6.4. Marco regulador

Los aspectos legales más relevantes en el marco de este proyecto son los de derechos de autor y la ley de protección de datos.

La inclusión de este proyecto dentro del propio proyecto NAOTherapist tiene como objetivo aportar una funcionalidad nueva al mismo. De igual modo, se mencionan en varios fragmentos a los autores de dicha arquitectura así cómo todas las entidades que la forman (30).

También vienen indicadas las referencias para no dañar la integridad de los derechos de autor de las publicaciones y páginas web de dónde se han extraído información.

Por otro lado, cabe mencionar que este proyecto no daña la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, ya que la información adquirida sobre pacientes no es revelada y todas las imágenes recopiladas se encuentran pixeladas en las facciones de estos pacientes.

# Capítulo 7

## Conclusiones

En este capítulo se describen las conclusiones obtenidas a lo largo de la realización de este proyecto. Primero, se hablarán de las conclusiones generales obtenidas en su realización y finalización. Después, los trabajos futuros que podrán realizarse para avanzar en el proyecto iniciado en este documento.

### 7.1. Conclusiones generales

Este proyecto surgió a través de la observación del trabajo metódico que les supone a los terapeutas las terapias cognitivas de niños con TEA. Al poder observar que, a través de la tecnología, en concreto la robótica, la meta de conseguir captar la atención de estos niños se reducía en complejidad nació el principal objetivo que infunde este proyecto, el de poder ayudar a estos niños y terapeutas en terapia.

Aunque no se han podido extraer los resultados de la implementación de la actividad en pacientes reales con TEA, se han cumplido prácticamente todos los objetivos. Entre ellos, el primordial, era generar una actividad que representase una breve terapia cognitiva de imitación entre el robot NAO y un paciente infantil y este objetivo, que engloba todos los demás, ha sido alcanzado correctamente y se ha podido demostrar su correcto funcionamiento y ser evaluado en dos pacientes infantiles sanos. Estos videos han sido filmados y publicados en el canal de Youtube: <https://goo.gl/AxPJm9>

De manera satisfactoria se ha podido demostrar los dos principales objetivos de este proyecto; crear metodologías de actividades robóticas complementarias a una sesión terapéutica cognitiva, y la demostración de que la arquitectura NAOTherapist es capaz de soportar una actividad relacionada con esta metodología.

Para lograr este objetivo, se ha diseñado y modificado el dominio de planificación que contenía la plataforma NAOTherapist, para lograr añadir la actividad TEACH-ME y aumentar la funcionalidad del mismo. A su vez, se han logrado generar problemas, configurables según las necesidades del paciente, asociados a este dominio. Donde en ellos, se pueden seleccionar las poses que deseamos que formen parte del catálogo que dispondrá el paciente para la elección de las poses a lo largo de la actividad.

No solo se ha logrado que el robot NAO genera el plan de acciones de la actividad y sea capaz de llevarlo a cabo de forma autónoma, sino que le hemos dado la capacidad de responder ante situaciones inesperadas dentro de la actividad, es decir, la capacidad

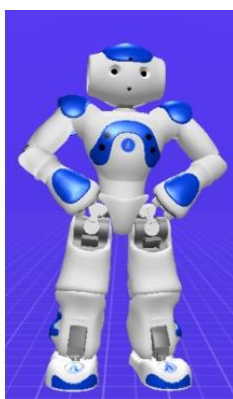
de replanificación de las acciones del dominio para poder continuar la actividad por un camino alternativo para volver a centrar la sesión al flujo normal de ejecución.

También, se ha desarrollado el código del Executive en Python asociado a las acciones del dominio, para lograr su traducción a nivel bajo y por tanto conseguir que el robot NAO mueva sus motores o utilice su capacidad de habla en función de lo que requiera la acción asociada. En este código se ha incluido una función capaz de reconocer una pose que antes era desconocida para el robot NAO de entre las seleccionadas en el catálogo configurable de poses a través del módulo de visión del sensor Kinect 3D.

Por lo que los objetivos técnicos han sido todos satisfechos, incluso en las fases iniciales se llevó a cabo el desarrollo de una aplicación en Android para la Tablet con pictogramas asociados, que se comunicaba con un programa en Python en el ordenador para aportarle la información obtenida a través de ella, pero al descartar el plan, se quedó en las primeras fases de desarrollo.

Por otro lado, entre los objetivos asociados a las terapias cognitivas, se ha logrado crear una actividad que se centra en la mejora de la tolerancia a fallos, demostrando que el robot NAO es capaz de equivocarse y corregirse de manera tolerante. Y a través de provocar al paciente a elegir una pose de entre las que se encuentran en el catálogo, creamos la necesidad de decisión en él, lo que mejora esta capacidad en el paciente.

Por otro lado, a la hora de la realización de la evaluación en pacientes infantiles, se ha detectado que la interacción entre el robot NAO y el paciente podría ser mejorable a pesar de que los resultados del cuestionario de satisfacibilidad han sido positivos en la mayoría de sus campos. Y a su vez, también hemos podido comprobar que una de las poses, en concreto la pose mostrada en la Ilustración 35 Pose brazos en jarra, es difícil de comprobar para el robot, ya que es una pose que tiene una dificultad añadida de realizar para el paciente.



*Ilustración 35 Pose brazos en jarra*

Una de las principales limitaciones ha sido la disposición del hardware asociado a la plataforma NAOTherapist, que, aunque siempre estaba disponible para su utilización, suponía una serie de limitaciones espaciales y temporales al desarrollo de la implementación de la actividad.

El mayor resultado ha sido poder abrir una nueva línea de investigación en el proyecto NAOTherapist, que hasta el momento sólo se centraba en rehabilitación infantil motriz. A través de este proyecto, se inicia la investigación en terapias cognitivas, que, aunque no es innovador en el mundo de la robótica social, si lo es de cara a la plataforma NAOTherapist. Esta iniciativa, la actividad TEACH-ME, queda documentada, entre otras, en el artículo publicado para la participación de la conferencia Robot2017 [69].

## 7.2. Trabajos futuros

Después de haber analizado las conclusiones del proyecto y una vez finalizado el mismo, se establecen las futuras líneas de investigación que implicarán la mejora de los resultados obtenidos:

- Un dominio PDDL que contemple más situaciones de actividad.
- Una experimentación mucho más amplia para llegar a conclusiones de utilidad. Principalmente centrada en la interacción con pacientes con TEA, para poder determinar si las capacidades que se creen mejoradas con ella mejoran realmente.
- Ofrecer un plan de actividades completo para pacientes infantiles con TEA y no solo una actividad, es decir, ofrecer una sesión de terapia completa.
- Ampliación del catálogo disponible de poses.
- Mejorar la interacción con el robot NAO, ampliando diálogos y animaciones.
- Disminuir el umbral de permisión de poses, ya que en pacientes con TEA no buscamos la perfección en la realización de estas sino simplemente la interacción que estas generen.
- Resolver la dificultad de reconocimiento de la pose de la Ilustración 35 Pose brazos en jarra.

El principal objetivo futuro tras haber realizado la experimentación en pacientes infantiles es mejorar la interacción entre ambos y crear una mayor complicidad entre el robot NAO y el paciente.

Como se ha comentado en varias partes de este documento, el objetivo es abrir una nueva línea de investigación, por lo que el principal trabajo futuro es poder ampliar esta línea que ha sido introducida partiendo de la actividad propuesta en este documento.

# Extended abstract

## Introduction

Social robotics is a field of robotics whose purpose is to create robots capable of interacting and communicating with human beings following behaviours, patterns and social norms [1]. The important investment granted to social robotics in recent years has increased the lines of research and focuses on different sectors. These sectors focus on both physical rehabilitation and cognitive domains as well as direct care.

This project is situated within the support to cognitive therapies with infants with ASD (Autistic Spectrum Disorder). Its purpose is to open a new line of research within the NAOTherapist project [5] which focuses on motor rehabilitation, providing new therapeutic activities from a cognitive rather than a physical point of view to improve social, language and developmental skills sensory and motor aspects of the patient, and at the same time an evaluation of them.

The objective is to create a customizable activity for each patient that allows to enhance skills with deficits in this profile of patients. For this we will take as a control tool a preprogrammed humanoid robot with movement and speech capacity that will interact with the patient. This will be able to make decisions to create the normal development of the activity, as well as to react to unforeseen situations.

This project is intended for infants suffering from ASD (Autistic Spectrum Disorder). ASD is a complex developmental disorder that affects cognitive, emotional and social skills and competences, with multiple etiology and of varying severity [6]. The most striking features of this patient profile are qualitative deficits in social interaction and communication, repetitive and stereotyped patterns of behavior, and a restrictive repertoire of interests and activities. ASD encompasses disorders such as Kanner's Autism, Atypical Autism, Childhood Disintegrative Disorder and Asperger's Disorder.



Illustration 36 ASD disorders

The application of autonomous robots in therapies and education of patients with ASD have been studied by various authors, mainly focused as robotic toys that have the advantage of programming to respond to different situations and events [15]. A robot can follow a certain game plan acting unexpectedly in situations experienced in the environment when interacting with a patient. A robot can learn over time by generating more sophisticated interactions and new and unpredictable situations that can help to capture and maintain patient interest. Therefore, this project arises from the observation that there is a greater predisposition of patients with ASD to the new technologies, which allows them to obtain their attention to send them orders, stimuli, etc. through technological tools linked to an imitation therapy. The robot simplifies the interaction, gives patients more time to process information, construction of sentences is simpler, repeats and repeats as many times as necessary without tiring and never judging [17].

## Objects

The main objective of this project is to design a plan of activities, complementary to the NAOTherapist project, for children with ASD (Autistic Spectrum Disorder) to serve as a tool to help a therapist in a session of cognitive therapy. Through this project what is intended is to be able to facilitate these therapies and capture the attention of these patients through the NAO robot as a support to the therapist. The project is guided by two main objectives: first, it is to make an analysis of how are the methodologies of children's therapy with patients with ASD. Within these, define what kind of activities could be done from social robotics and which has been selected for implementation by arguing the reasons for the election. Second, to demonstrate that NAOTherapist platform is a viable environment to carry out these objectives carrying the implementation of the same in the platform. These more concrete objectives are: to create a domain that meets the valid characteristics of a child therapy activity for patients with ASD, to implement all the required functionality and to evaluate it with real patients.

Making clear the objectives of the research process, set objectives more oriented to the development of the document:

2. Research phase of the state of the issue related to social robotics and children with ASD.
3. Creation of possible activity plans and confirmation of the final plan.
4. Design of a domain and a problem model associated with the domain in PDDL, as well as the code of the Executive component that will manage this domain directly with the robotic platform in Python.
5. Experimental phase where the results of the plan will be checked.

## Research

The analysis of possible scenarios has been divided into four phases, since four models were established until the final model was reached.

In the first phase, and with it the first approach of the creation of activity for infants with ASD, an interview was conducted with a child psychologist with the aim of detecting the needs and methodology of rehabilitation of preschool patients with ASD. In this interview it was discovered that infants with ASD are communicated through pictograms. Through them they reflect their needs and desires, since most patients with ASD at preschool ages do not express any language. Another key point of this interview was to detect that the foundation of rehabilitation in ASD patients at preschool ages is based on imitation. After generating in them the capacity of imitation is taught social behaviour and language. The last of the problems detected and on which therapies are based at this age in patients with ASD is the lack of attention to the therapist and all the people who form their environment.

A plan of activities was created for children between 3 and 5 years in which they had a tablet in front of the robot. This one gave them guidelines to follow the exercise and the patients had to select the pictogram corresponding to the vocal instruction of the robot in the tablet.

In the second phase was discarded the option of the tablet, since it was an over stimulus to have the robot and the tablet and we could lose the patient's attention. Another new activity plan was created, where the greeting and welcome phase was maintained, as well as relaxation and farewell, but the main activities were modified. It would be composed of four main activities: 'Simon says', already implemented in the platform NAOTherapist [5], pictogram recognition activity with QR code technology [67], a storytelling focused on gesticulation and expression of emotions, and finally, 'BodyTouch', an activity centred on the tactile interaction between the robot NAO and the patient. The activities will no longer be separated by age range nor focused on a specific age, although it will remain a paediatric rehabilitation.

In the third phase a child psychologist from a Madrid office provided more information to generate a new activity plan. The characteristics that the new plan of activities to improve the therapy with the patient with ASD had to possess had: short and concise instructions, to avoid that the patient wanders. And a visual agenda always visible, which indicates in steps how the session will be through photographs.

This plan consists of three activities plus a brief co-orientation module. The last TEACH-ME activity, in which we are going to focus because it is the activity to be developed, consists in the patient showing him a posture of a poses catalogue, which will be visible always for the patient, and NAO should not imitate it.



## Development

The TEACH-ME activity implies a change of the normal flow of the session, in which the patient becomes the therapist and shows a series of poses to the robot NAO, of a catalogue of poses that will have visible, that this one must imitate. The patient works the executive function of the planning of the movements when being forced to take the initiative.

Possible poses that the patient can teach are defined in a catalogue. This catalogue is available to both the patient and the therapist so they can select what they pose for teaching. First, the robot asks the patient to teach him to perform a new pose, which is supposed to be unknown to the robot. Once the patient performs the new pose, holds it for a few seconds, the robot identifies that posture and imitates it. To improve the personal failure capacity in patients with ASD, a random component is introduced to simulate that the robot fails in some way by imitating the pose and demonstrating that this failure is not a serious problem. In case the pose of the robot is incorrect, it realizes its error. He then asks the patient to remind him again of the correct posture, to try to do it correctly again.

It was decided to opt for the implementation of this activity among all the plan because it is the most complete in terms of cognitive therapy with infants with ASD. It allows to introduce a component of percentage of which the robot NAO fails purposely to imitate the pose which helps to improve the acceptance of failure by the patient. It also improves the patient's decision-making and initiative, since he will be given the opportunity to guide the session by choosing the positions of the catalogue and coordinating the positions with each of the arms.

The system to be developed will be based on the NAOTherapist architecture. To define the architecture, the PDDL design of the domain and the problem and the translation at the middle level of planning, i.e. the implementation in the executive module, will be exposed.

If we extract from the NAOTherapist architecture the most relevant modules for its correct operation, we can see in the picture below that the main elements to be implemented in the development of the activity are related to the module of the Executive and the domain and the problem, which are part of the mid-level planning. The low and high level will not be necessary to define this activity. On the other hand, PELEA is an architecture module that is already implemented and will not modify its development but will be used with the functionality that it has in the NAOTherapist architecture.

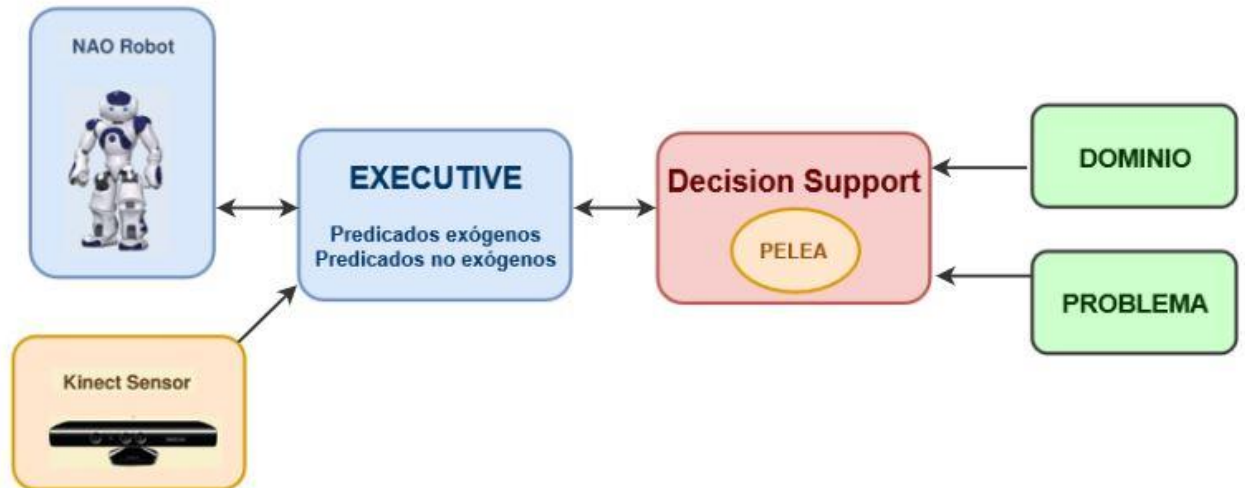


Illustration 37 Architecture NAOTherapist

The final implementation objectives are to modify the PDDL domain of the NAOTherapist architecture to support the new activity, adapt the problems to this domain and define them according to the new activity and, finally, the implementation of these new actions of the domain in the Executive module to be able to bring the new functionality to the robot NAO.

To achieve the objectives in terms of development, the domain is implemented, which is responsible for representing the world's knowledge. This is a domain in PDDL focused on fluent (numeric variables and functions). The types of the elements of the ontology defined by NAOTherapist that are essential for the implementation of the TEACH-ME activity are poses and postures. A pose consists of two postures, the posture of the right arm and the posture of the left arm. An example would be embodied in the next illustration; the pose with identifier 'p\_id0' is formed in turn by two postures; the right arm, who is performing the posture with identifier 'p1' and that of the left arm, who is performing the posture with identifier 'p2'. Therefore, the definition of the pose is always formed by two postures, one representing the right arm and another representing the left arm, where you can be the same postures, this would represent for example that the pose is symmetrical.

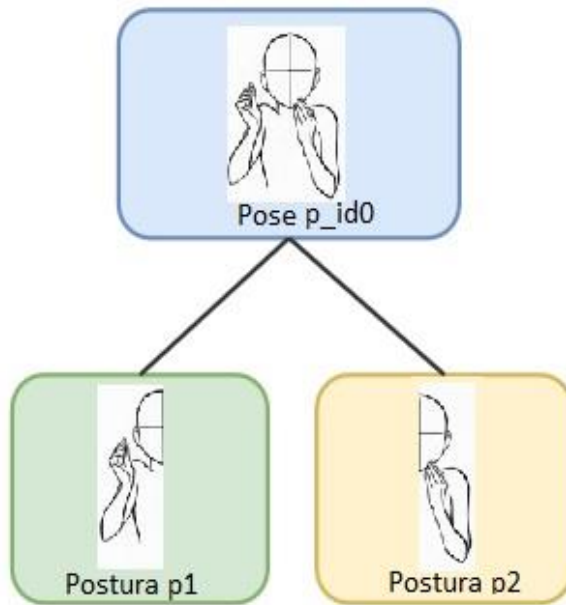


Illustration 38 Composition of pose

The flow diagram of the actions of the PDDL domain of the TEACH-ME activity is detailed below in the next illustration.

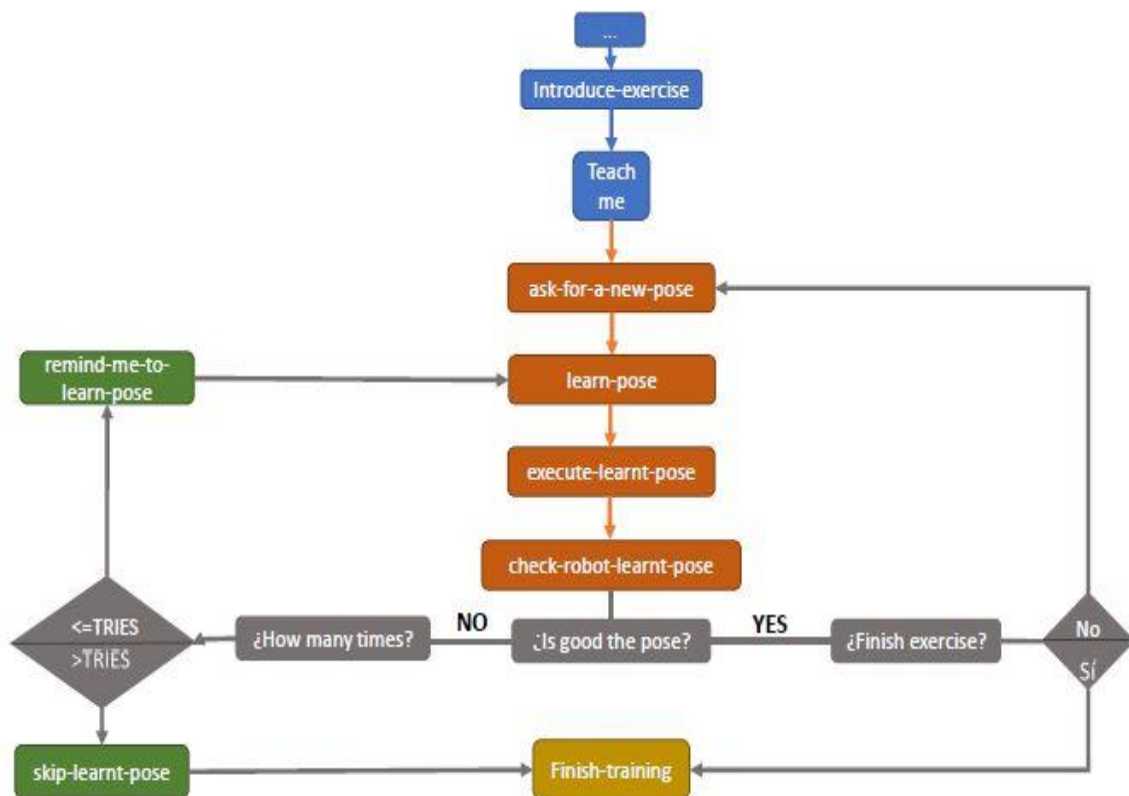


Illustration 39 TEACH-ME activity flow diagram

It should be noted that for all actions we have taken as an essential precondition that the patient is not distracted.

In the definition of the problem, of the problem afflicted to the domain shown, identifiers are given to the objects of the concrete elements that are in the domain. These identifiers are objects already defined in the NAOTherapist knowledge base.

Within the Executive component, implementation has been based on three sections; the first one exposes the translation of the actions of the PDDL domain to low level actions comprehensible for the robot NAO, that is, transforms those actions into instructions. Next, we will talk about the 'check\_some\_poses' method that will be responsible for learning the patient's pose. And, finally, of the realization of the variation of the state of the world when executing the actions of the domain of PDDL.

For the realization of the function that is responsible for learning the pose by the patient from the catalogue that we have accessible in the code (check\_some\_poses ()) has developed an algorithm that separates the poses received in separate postures for the right arm and separate postures for the left arm and checks them with the postures he receives from the Kinect sensor module. The checks are performed for both the right arm and the left arm individually, since each arm may have associated a different posture because we allow the patient to pose poses that are not symmetrical. The way of checking the method is as follows:

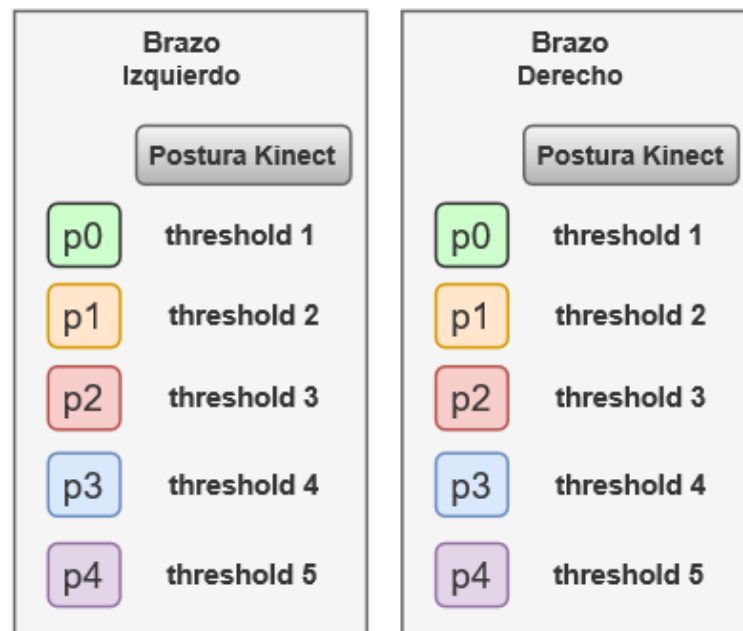


Ilustración 40 Recognition method check\_some\_poses

The threshold is the numerical difference between the theoretical values of the arm angles associated to the posture identifier and those obtained by request to the vision

module of the Kinect sensor. The lower this value, the closer the theoretical posture to the actual posture.

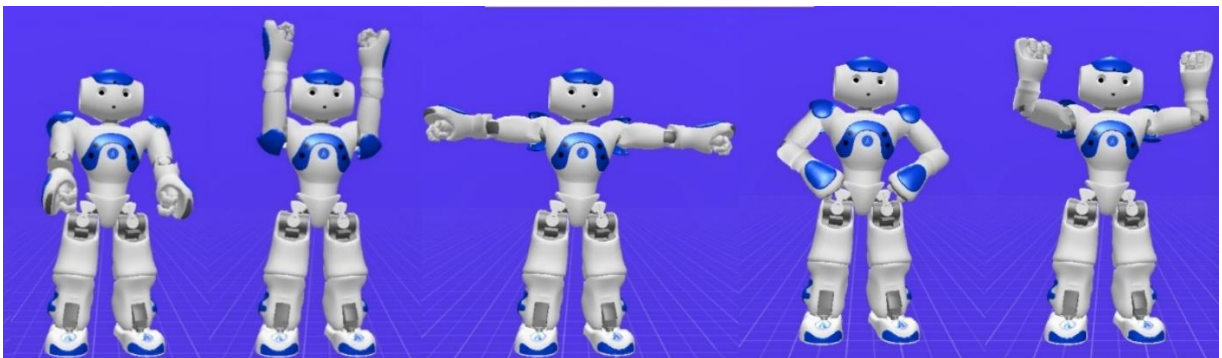
For the update of the state of the world, most actions generate the predicate, updated with the identifiers after performing the action, associated with the effect of the same action on the domain in PDDL.

## Results

To carry out the tests, these have been configured for a problem whose characteristics and parameters are:

- Recognition of 5 poses.
- Number of attempts: two for each pose recognition.
- Symmetrical poses, where the pose will consist of the same posture for both the right arm and the left arm.

These possible poses are as shown below:



*Illustration 41 Catalogue of poses*

The results have been noted in the next table, where each posture is related to the iteration number and the posture identifier that has been recognized in that recognition action execution is shown. For the experimentation of recognition of poses we have deactivated the percentage of error provoked, since what it is tried to demonstrate is that the recognition of poses is correct and this element causes us confusion in this part of tests.

	p1	p6	p9	p15	p27
p1	20				
p6		20			
p9			19	1	
p15				19	1
p27				1	19

Illustration 42 Confusion Matrix of recognition of poses

An example of actual system interaction between the robot and several patients is also shown. The results are published in several videos on the Youtube page: <https://goo.gl/AxPJm9>. These interactions show all the functionalities of the system, as well as the complete activity that each of the previous tests supposes visually.

## Conclusions

This project arose through the observation of the methodical work that therapists assume to the cognitive therapies of children with ASD. By being able to observe that through technology, specifically robotics, the goal of getting the attention of these children was reduced in complexity was born the main objective of this project, that of being able to help these children and therapists in therapy. Although the results of the implementation of the activity in real patients with ASD cannot be extracted, practically all the objectives have been fulfilled. The planning domain containing the NAOTherapist platform was designed and modified to add TEACH-ME activity and increase its functionality.

In turn, they have been able to generate problems, configurable according to the needs of the patient, associated to this domain. Where in them, you can select the poses that we want to be part of the catalogue that will be available to the patient to choose the poses throughout the activity.

One of the main limitations was the hardware arrangement associated with the NAOTherapist platform, which, although always available for use, involved a series of spatial and temporal limitations to the development of the implementation of the activity.

The biggest result has been to open a new line of research in the NAOTherapist project, which so far focused only on child motor rehabilitation. Through this project, research in cognitive therapies is initiated, which, although not innovative in the world

of social robotics, if it is facing the platform NAOTherapist. This initiative, the TEACH-ME activity, is documented, among others, in the article published for the participation of the conference Robot2017 [69].

After analyzing the conclusions of the project and once the project has been completed, the future lines of research will be established, which will involve improving the results obtained:

- A PDDL domain that contemplates more activity situations.
- A much broader experimentation to reach useful conclusions. Mainly focused on the interaction with patients with ASD, to be able to determine if the capacities that are believed improved with her or him improve.
- Provide a complete plan of activities for children with ASD and not just one activity, that is, offer a complete session.
- Extension of available poses catalogue.
- Improve interaction with the NAO robot, expanding dialogs and animations.

As discussed in several parts of this document, the objective is to open a new line of research, so the main future work is to expand this line that has been introduced based on the activity proposed in this document.

# Bibliografía

[1] “Construcción de un Robot con Habilidades Sociales”, Dr. Rafael Rivas E., Dr. Eladio Dapena G., Dr. José Aguilar.

[2] Terrence Fong, Illah Nourbakhsh, Kerstin Dautenhahn, “A survey of socially interactive robots, In Robotics and Autonomous Systems”, Volume 42, Issues 3–4, 2003, Pages 143-166, ISSN 0921-8890.

[3] “Defining Diastolic Heart Failure A Call for Standardized Diagnostic Criteria”, Ramachandran S. Vasan, MD; Daniel Levy, MD (2000)

[4] “¿Por qué motivos crearemos máquinas emocionales?” Jordi Vallverdú (2007). Astrolabio. Revista internacional de filosofía, Año 2007. Núm. 5. ISSN 1699-7549

[5] <http://www.NAOtherapist.com/> (Último acceso: 24/09/2017)

[6] Millá MG, Mulas F. Atención temprana y programas de intervención específica en el trastorno del espectro autista. Rev Neurol. 2009; 48 Suppl 2: S47-52

[7] <https://csd.wisc.edu/slp-autism-spectrum-disorder.htm> (Último acceso: 23/08/2017)

[8] Hernández J, Artigas J, Martos J, Palacios S, Fuentes J, Belinchón M, et al. Guía de buena práctica para la detección temprana de los trastornos del espectro autista. Rev Neurol 2005; 41: 237-45.

[9] Filipek PA, Accardo P, Baranek GT, Cook EH Jr, Dawson G, Gordon B, et al. The screening and diagnosis of autistic spectrum disorders. J Autism Dev Disord 1999; 29: 439-84.

[10] NY State Department of Health. Clinical practice guideline: the guideline technical report Autism/Pervasive Developmental Disorders. Assessment and intervention for young children (age 0-3 years). Publication n. 4217. Albany: New York Department of Health; 1999.

[11] McEachin JJ, Smith T, Lovaas OI. Long-term outcome for children with autism who received early intensive behavioral treatment. Am J Ment Retard 1993; 97: 359-91.

[12] Skinner BF. The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis. New York: Appleton-Century; 1938

[13] “Imitación en alumnos con Trastornos del Espectro Autista: Programa de potenciación de habilidades imitativas.”

Páginas 116-133 , ISSN: 1889-4208, Víctor del Toro Alonso (2016) (Cited on page )

[14] Lozano, J., Ballesta, F.J., Alcázar, S. y Cerezo, M.C. (2013). Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza y aprendizaje del alumnado con trastorno del espectro autista. Revista Fuentes, 14, 193-208. (Cited on page )



- [15] Salazar, Y. A. Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo. Universidad Libre Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- [16] <https://www.ald.softbankrobotics.com/en> (Último acceso: 26/08/2017)
- [17] <http://autismomadrid.es/noticias/robot-llamado-nao/> (Último acceso: 15/09/2017)
- [18] Payares Pinos, J. C. (2010). Diseño y construcción de un robot humanoide con 16 grados de libertad como material de apoyo para el área de inteligencia artificial de la escuela de ingeniería en sistemas de la Pucesa para el periodo 2009 2010 (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato).
- [19] Díaz Boladeras, M., Andrés, A., Casacuberta Bagó, J., & Angulo Bahón, C. (2011). Robots sociales en la escuela: explorando la conducta interactiva con niños en edad escolar. In ROBOT 2011: robótica experimental: libro de actas (pp. 622-625).
- [20] Duffy, B. R., Rooney, C., O'Hare, G. M., & O'Donoghue, R. (1999, September). What is a Social Robot?. In 10th Irish Conference on Artificial Intelligence & Cognitive Science, University College Cork, Ireland, 1-3 September, 1999.
- [21] Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems*, 42(3), 143-166.
- [22] Dautenhahn, K. (2000). Design issues on interactive environments for children with autism. In: *Procs of ICDVRAT 2000, the 3rd Int Conf on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. University of Reading, pp. 153-161
- [23] Robins, B., Dickerson, P., Stribling, P., & Dautenhahn, K. (2004). Robot-mediated joint attention in children with autism: A case study in robot-human interaction. *Interaction studies*, 5(2), 161-198.
- [24] <http://www.dailymail.co.uk/health/article-1364585/Autism-Kaspar-friendly-robot-teaches-autistic-children-enjoy-simple-hug.html> (Último acceso: 27/08/2017)
- [25] <http://www.iromec.org/9.0.html> (Último acceso: 27/08/2017)
- [26] Aucouturier, J. J., Ikeuchi, K., Hirukawa, H., Nakaoka, S. I., Shiratori, T., Kudoh, S., ... & Michalowski, M. P. (2008). Cheek to chip: Dancing robots and AI's future. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2).
- [27] Kozima, H., Nakagawa, C., & Yasuda, Y. (2007). Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy. *Progress in Brain Research*, 164, 385-400.
- [28] <http://zonarobotica.blogspot.com.es/2012/05/> (Último acceso: 27/08/2017)
- [29] Kronreif, G., Kornfeld, M., Prazak, B., Mina, S., & Furst, M. (2007, April). Robot assistance in playful environment-user trials and results. In *Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference on* (pp. 2898-2903). IEEE.
- [30] <http://www.robotlab.com/store/ask-NAO-autism-solution-for-kids> (Último acceso: 27/08/2017)

[31]

[http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad\\_cientifica/actualidad/reportajes/archivo\\_reportajes/Maggie\\_futuro\\_autonomia\\_diversion](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/actualidad/reportajes/archivo_reportajes/Maggie_futuro_autonomia_diversion) (Último acceso: 27/08/2017)

[32] <http://pulsoslp.com.mx/2016/11/08/el-guia-robot-tim-se-une-a-la-plantilla-del-museo-aleman-de-la-tecnica/> (Último acceso: 27/08/2017)

[33] Salichs, M., Salichs, E., Encinar, I., Castro-González, A., & Malfaz, M. (2014). Estudio de escenarios de uso para un robot social asistencial para enfermos de Alzheimer. Actas de las XXXV Jornadas de Automática, 3-5 de septiembre de, Valencia. ISBN-13: 978-84-697-0589, 6.

[34] <https://www.thestar.com/news/insight/2015/10/05/meet-paro-a-furry-friend-to-dementia-patients.html> (Último acceso: 27/08/2017)

[35] Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous child*, 2(3), 217-250.

[36] Asperger, H. (1944). Die „Autistischen Psychopathen“ im Kindesalter. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 117(1), 76-136.

[37] Salvadó Salvadó, B., Palau Baduell, M., Clofent Torrentó, M., Montero Camacho, M., & Hernández Latorre, M. A. (2012). Modelos de intervención global en personas con trastorno del espectro autista. © *Revista de Neurología*, 2012, vol. 54, núm. Supl 1, p. 63-71.

[38] Wing, L. (1989). The diagnosis of autism. In *Diagnosis and treatment of autism* (pp. 5-22). Springer US.

[39] Rodríguez-Barrionuevo, A. C., & Rodríguez-Vives, M. A. (2002). Diagnóstico clínico del autismo. *Revista de Neurología*, 34(1), 72-77.

[40] Norteamericana, A. P. (1994). *Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales*.

[41] Organización Panamericana de la Salud (Ed.). (1995). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud* (Vol. 1). Pan American Health Org.

[42] Martos-Pérez, J., & Paula-Pérez, I. (2011). Una aproximación a las funciones ejecutivas en el trastorno del espectro autista. *Revista de Neurología*, 52(1), 147-153.

[43] Salvadó Salvadó, B., Palau Baduell, M., Clofent Torrentó, M., Montero Camacho, M., & Hernández Latorre, M. A. (2012). Modelos de intervención global en personas con trastorno del espectro autista. © *Revista de Neurología*, 2012, vol. 54, núm. Supl 1, p. 63-71.

[44] <http://espectroautista.info/dsm5tea.html> (Último acceso: 02/09/2017)

[45] <http://espectroautista.info/dsm5.html#SEVERIDAD> (Último acceso: 02/09/2017)

[46] Keel, J. H., Mesibov, G. B., & Woods, A. V. (1997). TEACCH-supported employment program. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27(1), 3-9.

[47] Leitenberg, H. (1982). *Modificación y terapia de conducta*. Ediciones Morata.

[48] Mulas, F., Ros-Cervera, G., Millá, M. G., Etchepareborda, M. C., Abad, L., & Téllez de Meneses, M. (2010). Modelos de intervención en niños con autismo. *Rev Neurol*, 50(3), 77-84.

[49] <http://maestraespecialpt.com/metodologia-de-aprendizaje-metodo-teacch> (Último acceso: 28/08/2017)

[50] <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=5492> (Último acceso: 28/08/2017)

[51] González, J. C., Pulido, J. C., & Fernández, F. (2017). A three-layer planning architecture for the autonomous control of rehabilitation therapies based on social robots. *Cognitive Systems Research*, 43, 232-249.

[52] Pulido, J. C., González, J. C., & Fernández, F. NAOTherapist: Autonomous Assistance of Physical Rehabilitation Therapies with a Social Humanoid Robot. *Age*, 7(1.4), 7-66.

[53] Bustos, P., Bachiller, P., & Manso, L. (2010). RoboComp Project.

[54] Turp, M., Pulido, J. C., González, J. C., & Fernández, F. (2015, November). Playing with Robots: An Interactive Simon Game. In *Proceedings of the 16th Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence (CAEPIA), RSIM workshop, (Albacete (Spain))* (pp. 1085-1095).

[55] [https://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_programaci%C3%B3n) (Último acceso: 28/08/2017)

[56] Khachatryan, V., Sirunyan, A. M., Tumasyan, A., Adam, W., Bergauer, T., Dragicevic, M., ... & Hartl, C. (2015). Precise determination of the mass of the Higgs boson and tests of compatibility of its couplings with the standard model predictions using proton collisions at 7 and 8  $\text{TeV}$ . *The European Physical Journal C*, 75(5), 212.

[57] <https://www.cwi.nl/> (Último acceso: 28/08/2017)

[58] <https://www.python.org> (Último acceso: 28/08/2017)

[59] M. Ghallab, A. Howe, C. Knoblock, D. McDermott, A. Ram, M. Veloso, D. Weld and D. Wilkins, "PDDL – The Planning Domain Definition Language", 1998

[60] <http://www.cs.toronto.edu/aips2000/> (Último acceso: 30/08/2017)

[61]

<http://ipc.informatik.unifreiburg.de/PddlResources?action=AttachFile&do=get&target=foxlong-jair-2003.pdf> (Último acceso: 30/08/2017)

[62] M. Fox and D. Long, "PDDL2.1: An Extension to PDDL for Expressing Temporal Planning Domains", December 2003.

[63] Edelkamp, "PDDL2.2: The Language for the Classical Part of the 4th International Planning Competition", 21th January 2004.

[64] <https://fai.cs.uni-saarland.de/hoffmann/metric-ff.html> (Último acceso: 30/08/2017)

[65] <http://www.arasaac.org/> (Último acceso: 03/09/2017)

[66] <http://www.autismo.org.es/sobre-los-TEA> (Último acceso: 03/09/2017)

[67] <http://www.codigos-qr.com/> (Último acceso: 03/09/2017)

[68] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3709846/> (Último acceso: 03/09/2017)

[69] García, E., Díaz- Portales, I., Pulido, J. C., Fernández, F. and Fuentetaja R. (2017, November). Enhancing a Robotic Rehabilitation Model for Hand-Arm Bimanual Intensive Therapy. In Proceedings of the Third Iberian Robotics Conference (Sevilla, Spain) (November 22-24, 2017).

# Apéndice

## Apéndice A

### Plan normal

- 1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']
- 5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']
- 7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']  
4 poses more
- 13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00']  
3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

23 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

25 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

26 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

27 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

29 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

31 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

32 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

33 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

35 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

37 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

38 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

39 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

40 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

41 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

42 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

43 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

## Plan con fallo provocado

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00']

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']





## Plan con REMIND-ME-TO-LEARN-POSE

- 1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']
- 5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']
- 7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 12 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']
- 13 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 17 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 18 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 19 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00']
- 4 poses more
- 21 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']



43 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

44 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

45 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

46 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 8

47 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

48 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

49 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

50 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---EXECUTION FINISHED---

## Plan con SKIPT-POSE

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']

13 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']





# Pruebas reconocimiento de pose

## *P1*

- 1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']
- 5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']
- 7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']
- 4 poses more
- 13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00']
- 3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

- 1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']
- 5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']
- 7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']
- 4 poses more
- 13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00']
- 3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00']
- 2 poses more



25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']  
38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']  
40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']  
41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']  
42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

- 5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']
- 7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']
- 4 poses more
- 13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00']
- 3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00']
- 2 poses more
- 25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']  
38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']  
40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']  
41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']  
42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']  
5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']  
6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']  
7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

11 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

13 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

14 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

15 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

17 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

19 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

20 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

21 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

23 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

25 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']

26 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p1', 'p1', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

## P6

- 1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']
- 4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']
- 5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']
- 6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']
- 7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00']
- 4 poses more
- 13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00']
- 3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

35 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

36 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

37 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

38 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

39 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

40 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

41 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

42 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

43 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

44 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

45 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']



3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

35 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

37 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p6', 'p6', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

38 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

39 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

40 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

41 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

42 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

43 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

## P9

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

- 13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't4', 'NAO', 'pt00']
- 3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't6', 'NAO', 'pt00']
- 2 poses more
- 25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 30 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']
- 31 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- PATIENT LOST!
- 32 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- PATIENT LOST!
- 33 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']







43 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
44 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
45 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
46 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
47 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
48 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

49 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']  
50 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 8

51 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']  
52 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']  
53 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']  
54 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']  
4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']  
5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']  
6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']  
7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']  
10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']  
11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']





53 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

54 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

55 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']

56 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

57 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

58 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

59 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

60 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

61 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

62 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p9', 'p9', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

63 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

64 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 41

65 GIVE-PATIENT-MID-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

66 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

67 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

PATIENT LOST!

68 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

*p15*

DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']

19 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

20 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

22 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

24 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

25 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

26 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

28 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

30 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

31 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

32 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

34 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 REMIND-ME-TO-LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'reminder']

36 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

37 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

38 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

39 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

40 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

41 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

42 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

43 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

44 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

45 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

46 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

47 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

48 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 16

49 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

50 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

51 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

52 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']



17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

35 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

36 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

37 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

38 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

39 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

40 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

41 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

42 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

43 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

44 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']



36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p15', 'p15', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

## *p27*

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00']

3 poses more

19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't6', 'NAO', 'pt00']

2 poses more

25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00']

1 poses more

31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

11 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

13 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

14 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

15 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']



- 16 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 17 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 18 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00']
- 3 poses more
- 19 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 20 LEARN-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 21 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 22 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 23 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't6', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 24 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id2', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't6', 'NAO', 'pt00']
- 2 poses more
- 25 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id3', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 26 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 27 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 28 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 29 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 30 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00']
- 1 poses more
- 31 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 32 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 33 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']
- 34 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 35 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']
- 36 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00']
- 0 poses more

37 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

38 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 0

39 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

40 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

41 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

42 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']

6 START-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'TEACH-ME']

7 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id0', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

8 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

9 LEARN-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

10 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

11 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

12 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

13 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id0', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't2', 'NAO', 'pt00']

4 poses more

14 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id1', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

15 LEARN-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

16 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id1', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']



36 LEARN-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p15', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

37 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

38 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

39 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

40 SKIP-LEARNT-POSE ['p\_id3', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't8', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

41 ASK-FOR-A-NEW-POSE ['eshoulderfel', 'p\_id4', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

42 LEARN-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'punknown', 'punknown', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

43 SAVE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up', 'p1', 'p9', 'p6', 'p15', 'p27']

44 EXECUTE-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

45 CHECK-ROBOT-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00', 'stand-up']

46 FINISH-LEARNT-POSE ['p\_id4', 'eshoulderfel', 'p27', 'p27', 't10', 'NAO', 'pt00']

0 poses more

47 FINISH-INDIVIDUAL-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

48 CALC-PERCENTAGE-ATTEMPTS-FAILED ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'TEACH-ME']

Fail Percentage of the Exercise: 16

49 GIVE-PATIENT-HIGH-REWARD ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00']

50 FINISH-TRAINING ['NAO', 'pt00', 'ses1']

51 SAY-GOOD-BYE ['NAO', 'pt00']

52 FINISH-SESSION ['NAO', 'pt00', 'ses1']

---

1 DETECT-PATIENT ['NAO', 'pt00']

2 IDENTIFY-PATIENT ['NAO', 'pt00']

3 GREET-PATIENT ['NAO', 'pt00']

4 START-TRAINING ['NAO', 'loc-training', 'pt00', 'loc-show', 'ses1']

5 INTRODUCE-EXERCISE ['eshoulderfel', 'NAO', 'pt00', 'ses1', 'TEACH-ME']





# Apéndice B

EDAD: 5  
SEXO: CHICA

¿Ha sido divertida la actividad?

A

¿Cómo crees que se movía el robot?

A

¿Cómo ha sido la conversación con el robot?

A

¿Si estuvieras en el hospital, te gustaría que el robot cuidase de ti?

A

¿Se ha equivocado en alguna pose?

A

¿Repetirías la actividad con el robot?

A



EDAD: //  
SEXO: ✓

¿Ha sido divertida la actividad?

**A**

--	--	--	--	--

¿Cómo crees que se movía el robot?

**A**

--	--	--	--	--

¿Cómo ha sido la conversación con el robot?

**A**

--	--	--	--	--

¿Si estuvieras en el hospital, te gustaría que el robot cuidase de ti?

**A**

--	--	--	--	--

¿Se ha equivocado en alguna pose?

**A**

--	--	--	--	--

¿Repetirías la actividad con el robot?

**A**

--	--	--	--	--



## Apéndice C

### Ask-for-a-new-pose

```
(:action ask-for-a-new-pose
  :parameters
    (?e - exercise ?pos - pose ?r - robot ?p - patient ?m - mode)
  :precondition
    (and (not (patient-distracted ?r ?p))
         (not (emergency-situation ?r ?p)) ;
         (detected-patient ?r ?p)
         (introduced-exercise ?e)
         (= (p-position ?pos) (pose-counter))
         (mode-required ?e ?m)
         (mode-state ?r ?m)
         (mode-state ?p ?m)
         (training-exercise ?e)
         (pose-exercise ?pos ?e))
  :effect
    (and (asked-pose ?pos))
)
```

### Introduce-exercise

```
RobotControlComp.say("We are going to play a game, come on!", synthesized_speech, True)
```

```
RobotControlComp.executeAnimation('get_stronger', 1, True)
```

```
RobotControlComp.say("This are the steps", synthesized_speech, True)
```

```
RobotControlComp.executeAnimation("blinking", 1, False)
```

```
time.sleep(0.1)

RobotControlComp.say("First of all, you have to choose one of the poses behind me",
synthesized_speech, True)

RobotControlComp.say("And later, you have to do it with your body and I have to
imitate you", synthesized_speech, True)

RobotControlComp.say("We are going to do this step", synthesized_speech, True)

RobotControlComp.say(str(numberof_turns), synthesized_speech, True)

RobotControlComp.say("rounds", synthesized_speech, True)

time.sleep(0.1)

RobotControlComp.say("I will be able to imitate you well?", synthesized_speech, True)

RobotControlComp.executeAnimation("blinking", 1, False)

RobotControlComp.say("Come on and let's try it!", synthesized_speech, True)

time.sleep(1)
```

## Execute-learn-pose

```
elif action.name == "EXECUTE-LEARNT-POSE":

    global equivocacion

    if is_patient_detected():

        pose_counter += 1

        pose_exercise = Pose(action.symbols[2], action.symbols[3])

        RobotControlComp.say("Good! This is the pose!", synthesized_speech, False)

        time.sleep(2)

        postu =
        ['p1','p3','p6','p7','p9','p11','p12','p15','p18','p19','p20','p21','p23','p25','p27','p40','p41'
        ]

        num_random_1 = randint(0, len(postu)-1)

        num_random_2 = randint(0, len(postu)-1)

        if randint(0, 100) < 20:

            pose_exercise = Pose(postu[num_random_1], postu[num_random_2])
```

